PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 4/5 — März 1941 — Redaktionsschluß für Nr. 7 am 20. April 1941 — 42. Jahrgang

INHALT:

Abhandlungen:

A. Scheibe und U. Adelsberger, Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min. für Januar 1941. S. 61.

E. Lau und H. Theissing, Versuche zur Herstellung eines energiegleichen Spektrums. S. 61.

R. Seeliger, Bemerkung zur Theorie der Bogenentladung. S. 63.

F. Gabler, Über die Begleiterscheinungen des inversen Starkeffektes. (Elektrische Doppelbrechung.) S. 67.

M. v. Ardenne, Zur Bestimmung des Auflösungsvermögens von Elektronenmikroskopen. Mit Tafel I. S. 72.

Zusammenfassende Berichte:

H. Korsching, Neuere Ionenquellen. S. 74.

Besprechungen. S. 79.

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1941: S. 81.

Nachrichten. S. 88.

ABHANDLUNGEN

Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min

Die Zahlen der Spalte 2 geben an, um wieviel in 10^{-9} des Wertes der Betrag der ausgestrahlten Frequenz vom Sollwert 1 000 000 000 Hz abweicht. Die Abweichung wurde mittels der Quarzuhren der Reichsanstalt bestimmt.

1	2	1	2
Tag	Januar 1941	Tag	Januar 1941
1.	—	17.	+15
2.	+16	18.	+ 2
3.	+17	19.	—
4.	+12	20.	+ 8
5.	—	21.	+11
6.	+ 2	22.	+12
7.	+ 2	23.	+10
8.	+ 4	24.	+10
9.	+ 6	25.	+ 8
10.	− 1	26.	—
11.	− 1	27.	0
12.	—	28.	+11
13.	+ 5	29.	+12
14.	+10	30.	+13
15.	+15	31.	+13
16.	+11		

Berlin-Charlottenburg, den 10. Februar 1941.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Abt. II.

Im Auftrage:

A. Scheibe, U. Adelsberger

Versuche zur Herstellung eines energiegleichen Spektrums

Von Ernst Lau und Hans Theissing

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Für manche Zwecke erscheint es notwendig, ein möglichst weit ausgedehntes energiegleiches Spektrum zur Verfügung zu haben. Erzeugt man z. B. mit einer Wolframlampe und einem Glasspektrographen ein Spektrum, so hat dieses ein ausgeprägtes Energiemaximum im Ultrarot, während es im sichtbaren Gebiet nach Blau beträchtlich abnimmt. Es liegt dies einerseits an der spektralen Energieverteilung einer Wolframlampe, andererseits wird der Intensitätsgang noch dadurch ungünstiger, daß ein Prismenspektrograph im kurzwelligeren Gebiet eine beträchtlich größere Dispersion hat als im ultraroten. Es treten so Intensitätsunterschiede zwischen Rot und Blau auf, die reichlich zwei Zehnerpotenzen betragen können.

Will man mit einer solchen Anordnung z. B. die spektrale Empfindlichkeit von photographischen Platten untersuchen, so muß man für die verschiedenen Spektralgebiete sehr verschiedene Belichtungszeiten wählen und erhält dadurch wenig zuverlässige Resultate. Schmieschek[1]) hat die Gegenden starker Intensität durch einen rotierenden Sektor mit einem für jede Wellenlänge angepaßten Ausschnitt so geschwächt, daß

1) DVL.-Jahrbuch 1933, VII, 9–14, gekürzt veröffentlicht Zeitschr. f. techn. Phys. **14**, 284–288, 1933.

ein energiegleiches Spektrum auftritt. Dieser Weg ist aber wegen der großen Intensitätsunterschiede technisch jedenfalls für das ganze Spektrum schwer durchführbar und führt außerdem zu intermittierendem Licht, dessen zeitliche Verteilung für jede Wellenlänge anders ist. Auch eine Einebnung der Energie durch Filter von geeignetem Durchlässigkeitsverlauf führte bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis, da es keine Filter mit geeignetem Durchlässigkeitsverlauf gibt.

Da, wie bereits erwähnt, die Dispersion eines Glasspektrographen im ungünstigen Sinne wirkt, legten wir uns die Frage vor, ob es nicht möglich wäre, die Dispersion dem Intensitätsgang entgegenzuschalten und kamen dabei zu folgender Anordnung (vgl. Abb. 1): Es wird zunächst

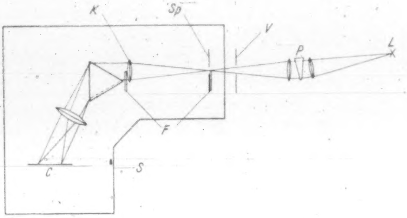


Abb. 1. Spektrograph mit verschiedenen, zur Herstellung eines energiegleichen Spektrums erforderlichen Zusätzen.

vor den Eingangsspalt *Sp* des Spektrographen *S* noch ein Prisma *P* mit geringer Dispersion gesetzt und durch dieses das leuchtende System *L* (eine Wolframbandlampe) mit farbigen Rändern auf dem Eingangsspalt abgebildet. Das Lampenbild muß dabei ungefähr die Breite der Spaltöffnung haben und auch die spektrale Zerlegung in dem benutzten Bereich muß von ähnlicher Ausdehnung sein. Man stellt dann das Lampenbild auf dem Spalt so ein, daß das rote Licht im wesentlichen abgeschnitten wird, während das kurzwellige Licht ungehindert in den Spalt eintreten kann. Die dazwischen liegenden Gebiete bilden Übergänge zwischen diesen Grenzfällen. Bei derjenigen Wellenlänge, bei der das ganze Bild des Bandes der Lampe neben den Spalt fällt, ist das Spektrum vollständig abgeschnitten. Je nach der Scharfstellung der Abbildung des leuchtenden Systems ist dieses Abschneiden mehr oder weniger steil. In Abb. 2[2]) und 3 werden zwei Registrierungen der Intensitätsverteilung wiedergegeben. Abb. 2 zeigt die spektrale Verteilung ohne diese Vorzerlegung,

2) Über die Aufnahmetechnik wird weiter unten Näheres mitgeteilt.

Abb. 3 die Wirkung der Vordispersion. Hier wurde, um keine Intensität zu verlieren, der blaue Rand des Lampenbandes scharf auf dem Spalt abgebildet. Hierbei trat noch immer ein Energieanstieg über Grün nach Rot auf. Verschiebt man das Spektrum auf dem Spalt ein wenig, so daß die Intensität im Bereich des

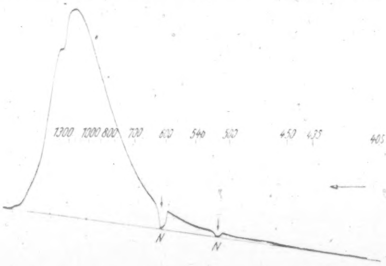


Abb. 2. Spektrale Energieverteilung einer Nitrabandlampe, thermoelektrisch aufgenommen hinter einem Glasspektrographen.

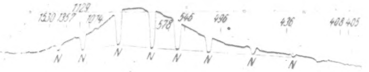


Abb. 3. Durch Vorschalten einer schwachen Vordispersion erhaltene spektrale Energieverteilung der Bandlampe.

Grünen bereits geschwächt wird, dann wird das Ultrarotgebiet zu schwach. Man sieht also, daß dieser Weg allein nicht zu einem vollen Erfolg führt.

Um die Energie im Grünen herabzusetzen und andererseits genügend ultrarote Intensität zu behalten, wurde nun der auf der roten Seite befindliche Rand des Spaltes mit einem Rotfilter ausgestattet, das etwas in den Spaltraum hineinragt, wobei dann zwei Spaltgrenzen für Grün und Rot auftraten. Je nach dem Breiteverhältnis des völlig offenen Spaltes und des mit dem Rotfilter bedeckten Teiles des Spaltes treten verschiedene Intensitätsverhältnisse auf, deren günstigste Verteilung empirisch ermittelt werden muß.

Durch diese Maßnahme kann eine weitgehende Einebnung der Intensität von Blau bis Gelb erreicht werden (vgl. Abb. 4). Wie aus der

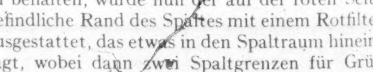


Abb. 4. Zusätzliche Wirkung eines an einer Spaltseite angebrachten Rotfilters.

Abbildung ersichtlich ist, wurde in der als von uns besonders günstig gefundenen Anordnung der Filterplatte das Ultrarot etwas bevorzugt. Diese restliche Unregelmäßigkeit ließ sich aber durch ein Blaufilter beseitigen, das wir in den parallelen Strahlengang des Spektrographen hinter dem Kollimator so einsetzten, daß es nur einen Teil des Lichtbündelquerschnittes beeinflußte. Hierbei tritt keinerlei Unstetigkeit in der Energieverteilung auf, weil die Filterkante nicht abgebildet wird. Durch Verschieben dieses Filters in das Lichtbündel hinein kann eine Feinkorrektur erzielt werden, die eine weitgehende Nivellierung der spektralen Energieverteilung (vgl. Abb. 5) ergibt, die sich in dem von uns

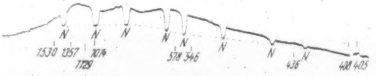


Abb. 5. Restliche Einebnung durch Blaufilter am Kollimatorobjektiv.

gewählten Beispiel auf das Spektralgebiet 550–1300 $m\mu$ erstreckt. Wir haben die Intensität von Blau nach Grün noch etwas ansteigen lassen, um die Einebnung auf einem genügend hohen Intensitätsniveau vorzunehmen.

Die mitgeteilten Kurven wurden so erhalten, daß ein Thermoelement in der Ebene der Scharfeinstellung des Spektrographen langsam durch das Spektrum hindurch bewegt wird und der Ausschlag eines mit dem Thermoelement verbundenen Spiegelgalvanometers auf einer synchron laufenden Registriertrommel aufgezeichnet wurde. Da der Nullpunkt wandert, wurde während der Registrierung öfter der Lichtstrom vor dem Spalt durch einen Verschluß (*V* in Abb. 1) gesperrt, wobei das Galvanometer auf den Nullpunkt zurückging, bis der Verschluß wieder geöffnet wurde. Die durch die Punkte *N* in den Abbildungen 2–5 gezogenen Kurven sind die Null-Linien.

Da die geringste Verschiebung des Lampenbildes auf dem Spalt eine erhebliche Änderung der Energieverteilung hervorruft, muß die Justierung des Apparates öfter vorgenommen und kontrolliert werden, wobei ihre Registrierung in der erwähnten Art zur Prüfung der Justierung benutzt werden könnte. Da aber jede solche Registrierung doch sehr zeitraubend ist und bei einer Justierung viele Aufnahmen gemacht werden müssen, haben wir zur schnellen Kontrolle an drei Stellen des Spektrums das Licht auf drei getrennte Selen-Sperrschichtzellen fallen lassen, die in einem besonderen Rahmen fest montiert waren, der im Bedarfsfalle wie eine Kassette an der Stelle des Spektrums eingeschoben wurde. Die Öffnung der einzelnen Zellen wurde für jeden Spektralbereich so bemessen, daß bei Messung des Stromes der einzelnen Zellen dann gleiche Ausschläge eines Galvanometers erfolgten, wenn die Energieverteilung die richtige ist. Mit Hilfe einer solchen Anordnung ist eine Justierung und ihre Kontrolle in verhältnismäßig kurzer Zeit möglich.

Berlin-Charlottenburg, Februar 1941.

(Eingegangen 28. Februar 1941)

Bemerkung zur Theorie der Bogenentladung

Von R. Seeliger

Zur Erklärung der Vorgänge an Bogenkathoden aus tiefsiedenden Metallen wie z. B. Kupfer oder Quecksilber, wo bekanntlich die Theorie der thermischen Elektronenemission versagt, sind bisher zwei Vorschläge gemacht worden (wenn man zunächst noch absieht von den kürzlich von Loeb dazu mitgeteilten kritischen Überlegungen). Langmuir hat schon 1923 auf die Möglichkeit hingewiesen, daß es sich um eine Feldemission handeln könnte, ermöglicht durch eine Zusammendrängung des Kathodenfallgebietes auf eine sehr dünne Schicht; Slepian hat 1926 die Annahme einer thermischen Ionisation des Gases bzw. Dampfes vor der Kathode zu Hilfe genommen, eine Theorie, mit der sich neuerdings Weizel, Rompe und Schön[1]) eingehender beschäftigt haben. Die meisten Anhänger dürfte zur Zeit immer noch die Langmuirsche „Feldbogen"theorie haben, wohl weil sie so anschaulich ist und unmittelbar plausibel zu sein scheint. Aber über die üblichen rohen Abschätzungen hinausgehend haben sich meines Wissens mit dieser Theorie bisher nur Becken und Seeliger[2]) beschäftigt und haben versucht, durch eine Kombination mit Raumladungsbetrachtungen ihre Unterlagen etwas genauer zu diskutieren. Dank der inzwischen durchgeführten Untersuchungen über die Feldemission[3]) können nun unsere damaligen Ansätze ergänzt werden durch eine Kombination mit der jetzt quantitativ genügend gesicherten Feldemissionsformel.

Unseren Rechnungen hatten wir vereinfachte Annahmen über das Kathodenfallgebiet zugrunde gelegt. Im Modell I sollten die Elektronen

1) W. Weizel, R. Rompe und M. Schön, Zeitschr. f. Phys. **115**, 179, 1940 (mit Literaturhinweisen).

2) O. Becken und R. Seeliger, Ann. d. Phys. **24**, 609, 1935.

3) Vgl. R. Haefer, Zeitschr. f. Phys. **116**, 604, 1940.

und die Ionen dies Gebiet frei durchlaufen, im Modell II sollten es zwar die Elektronen ebenfalls frei durchlaufen, die Ionen hingegen sollten bei jedem gaskinetischen Stoß ihre ganze Energie verlieren. In beiden Modellen sollten keine neuen Träger im Kathodenfallgebiet gebildet werden, und es sollten sozusagen alle übrigen Feinheiten der Kathodenfalltheorie implizite zusammengefaßt sein in einem zunächst noch frei verfügbaren Parameter s, der die Stromverteilung an der Kathode = Elektronenstrom : Gesamtstrom beschreibt. Diese beiden Modelle hatten wir nicht nur formal-mathematischen Vorteilen zuliebe gewählt, sondern sie schienen uns auch in physikalisch recht vernünftiger Weise zu einer Orientierung besonders geeignet zu sein, weil sie vom Gesichtspunkt einer Raumladungstheorie des Kathodenfalls extreme Möglichkeiten darstellen. Da zudem zur Beantwortung der hier interessierenden Fragen die Errechnung gesicherter Größenordnungen bereits genügt, glaube ich, daß es unzweckmäßig wäre, von jenen Ansätzen abzugehen.

Für das Modell I ergab sich die Beziehung

$$E^2 = J\sqrt{V}\,[a_+(1-s) - a_-s] \tag{1a}$$

zwischen der Feldstärke E an der Kathodenoberfläche, der Gesamtstromdichte J, dem Kathodenfall V und dem Stromverteilungsparameter $s = j_-/J$; a_- und a_+ sind Konstante, die außer Zahlenfaktoren nur noch die Elektronen- bzw. Ionenmasse enthalten. Eine zweite Beziehung gibt nun die Feldemissionsformel (mit dem Grobfeinfaktor β)

$$sJ = C\beta^2 E^2 e^{-\frac{c}{\beta E}}. \tag{1b}$$

Die Elimination von E aus beiden Gleichungen liefert dann unmittelbar die folgende Bestimmungsgleichung für die Gesamtstromdichte J im Kathodenbrennfleck

$$J = \frac{Cc^2}{V^{1/2} C\beta^2 [a_+(1-s) - a_-s] \ln^2 \frac{V^{1/2} C\beta [a_+(1-s) - a_-s]}{s}}. \tag{I}$$

Nicht so einfach liegen die Dinge für das Modell II. Wie wir l. c. gezeigt hatten, kann man die Raumladungsgleichung für das Kathodenfallgebiet reduzieren auf die Form

$$\frac{d\eta}{d\xi} = \frac{\eta - \xi}{\eta^4}, \tag{2a}$$

wo ξ proportional mit der Wurzel aus dem Potential und η proportional mit der Wurzel aus dem Potentialgradient ist. Die Integralkurven dieser Gleichung, von denen zwei in Fig. 1 nochmals gezeichnet sind, gehen bei jeweils einem Wert η_0 von der η-Achse aus mit um so flacherer Neigung, je größer η_0 ist, erreichen bei $\eta_m = \xi_m$ ein Maximum, und münden bei ξ_0 senkrecht in die ξ-Achse ein. η_0 und ξ_0 hängen mit E, V, J und s zusammen durch die Relationen

$$\left.\begin{aligned} \xi_0 &= C_1 \frac{V^{1/2}(1-s)^{4/3}}{J^{1/3} s^{5/3}} \\ \eta_0 &= C_2 \frac{E^{1/2}(1-s)^{1/3}}{J^{1/3} s^{2/3}}, \end{aligned}\right\} \tag{2b}$$

wo C_1 und C_2 Konstante sind, die außer Zahlenfaktoren und den Trägermassen nun auch noch die mittlere freie Ionenweglänge λ enthalten.

Die weitere Diskussion wird darin bestehen müssen, aus diesen beiden Relationen und aus der Feldemissionsformel E zu eliminieren, um wieder eine Bestimmungsgleichung für J zu gewinnen. Dazu ist natürlich erforderlich, daß man auch noch den allgemeinen Zusammenhang zwischen η_0 und ξ_0 kennt, und dieser ist nur aus dem allgemeinen Integral der Ausgangsgleichung 2a zu erhalten. Trotz der scheinbar so einfachen Gestalt dieser Gleichung scheint es nicht möglich zu sein, sie allgemein zu integrieren; auch jetzt hat sich keine praktikable Methode dafür finden lassen. Man kann jedoch durch die fol-

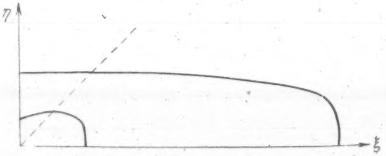


Fig. 1. Integralkurven der reduzierten Raumladungsgleichung

gende Näherungsbetrachtung mit vollkommen hinreichender Genauigkeit zum Ziel kommen, weil die η_0- und ξ_0-Werte, mit denen wir es zu tun haben werden, stets groß gegen 1 sind.

Zunächst kann man in den zu großen η_0 bzw. ξ_0 gehörenden Integralkurven $\eta_0 = \eta_m$ setzen. Es folgt nämlich aus der Differentialgleichung (2a) für die nächste Umgebung des Punktes $\eta = \eta_0$, $\xi = 0$

$$\frac{d\eta'}{d\xi} = \frac{1}{\eta'^3}$$

oder integriert

$$\frac{\eta'^4}{4} - \frac{\eta_0^4}{4} = \xi .$$

Daraus folgt (vgl. die schematische Fig. 2) für $\xi = \xi_m$ wegen $\xi_m = \eta_m$

$$\eta_m'^4 - \eta_0^4 = 4\,\eta_m .$$

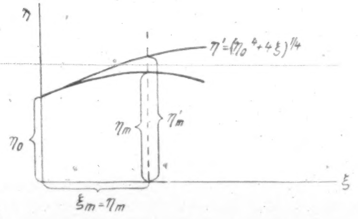


Fig. 2. Zur Ableitung der Näherungslösung.

Weil $\eta_m' > \eta_m$ ist, gibt dies die Ungleichung

$$\eta_m^4 - 4\,\eta_m < \eta_0^4 .$$

Dafür kann man schreiben

$$\eta_m(\eta_m^3 - 4) < \eta_0^4 ,$$

oder weil $\eta_0 < \eta_m$ ist,

$$\eta_0 < \eta_m < (\eta_0^3 + 4)^{1/3} .$$

Damit ist das gesuchte η_m zwischen zwei Grenzen eingeschlossen, die mit zunehmendem η_0 immer näher zusammenrücken (und schon z. B. für $\eta_0 = 5$ die Werte 5 und 5,05 haben würden). Man braucht sich weiterhin also nur noch um den rechts vom Maximum liegenden Teil der Integralkurven zu kümmern, wenn man die gewünschte Beziehung zwischen η_0 und ξ_0 herstellen will.

Hier aber kann man nach einer analogen Methode wieder den zu einem vorgegebenem Wert von η_0 gehörenden Wert von ξ_0 zwischen zwei Grenzen einschließen. Aus der Differentialgleichung (2a) folgt, weil man jetzt $\eta_m = \eta_0$ setzen darf,

$$\int_0^{\eta_0} \eta^4 d\eta = \int_{\eta_0}^{\xi_0} (\xi - \eta)\, d\xi .$$

Wie aus der schematischen Fig. 3 unmittelbar ersichtlich ist, erhält man aus dieser Relation bei vorgegebenem η_0 offenbar einen zu kleinen Wert für ξ_0, wenn man in dem Integral rechts ξ statt $\xi - \eta$ einsetzt, und andererseits einen zu großen Wert, wenn man $\xi - \eta_0$ statt $\xi - \eta$ einsetzt. Die in beiden Fällen elementar auswertbaren Integrale geben dann sofort die gesuchte Ungleichung

$$(\tfrac{2}{5}\eta_0^5 + \eta_0^2)^{1/2} < \xi_0 < \eta_0 + (\tfrac{2}{5}\eta_0^5)^{1/2} .$$

Man kann nämlich aus dieser Ungleichung entnehmen, daß für große η_0 mit guter Näherung die Darstellung möglich ist[4])

$$\frac{\eta_0^2}{\xi_0^2} = 1{,}4 \cdot \xi_0^{-6/5} . \qquad (2\text{c})$$

Da aber nach den Gleichungen (2b) $\frac{\eta_0^2}{\xi_0^2}$ proportional mit E ist und ξ_0 proportional mit $J^{-1/3}$, so ist die Relation (2c) nichts anderes, als die der

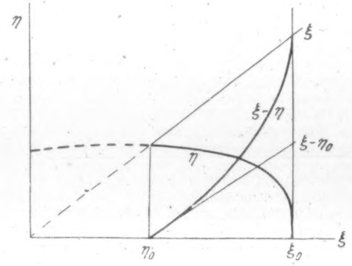


Fig. 3. Zur Ableitung der Näherungslösung.

Relation (1a) nun entsprechende zwischen E und J. Sie muß jetzt wieder mit der Emissionsformel kombiniert werden, wobei sich durch Elimination von E dann endlich die gesuchte Bestimmungsgleichung für die Gesamtstromdichte J ergibt, die der für das Modell I früher angegebenen Gleichung (I) entspricht.

Für die rechnerische Durchführung dieses Programms ist es jedoch praktischer, ξ_0 als Parameter beizubehalten. Einerseits folgt aus der ersten Gleichung (2b)

$$J = \frac{C_1^3 V^{3/2}(1-s)^4}{s^5} \frac{1}{\xi_0^3} \qquad (\text{II}_1)$$

und andererseits ergibt sich durch Division der beiden Gleichungen (2b) in Verbindung mit Gleichung (2c)

$$E = 1{,}4 \cdot \frac{C_1^2 (1-s)^2 V}{C_2^2 s^2} \cdot \xi_0^{-6/5} .$$

Setzt man diese beiden Ausdrücke für J und E in dic Emissionsformel (Ib) ein, so erhält man zur Bestimmung von ξ_0 die Gleichung

$$1 = 1{,}4^2 \frac{C C_1}{C_2^4} \beta^2 V^{1/2} \cdot \xi_0^{3/5} \cdot e^{-\frac{c\,C_2^2 s^2}{1{,}4\,C_1^2 (1-s)^2 \beta V} \xi_0^{6/5}} , \qquad (\text{II}_2)$$

4) Hr. Becken hatte diese Formel bereits aus einer numerischen Integration der Differentialgleichung als empirische Näherung erhalten und mir mitgeteilt.

die sich numerisch leicht lösen läßt. Die beiden Gleichungen (II) sind also jetzt die der früheren Gleichung (I) entsprechende Bestimmungsgleichung für J in Parameterdarstellung. Zu beachten ist dabei natürlich stets, daß das ganze Verfahren nur gilt für genügend große Werte von ξ_0, weil die benutzte Näherung (2c) sonst zu ungenau ist. Es bedingt dies aber kaum eine Beschränkung; schon von etwa $\xi_0 \gtreqless 10$ ab ist das Verfahren gut brauchbar, und kleinere Werte von ξ_0 sind, wie sich zeigen wird, praktisch ohne Interesse.

Wie sich bei der numerischen Auflösung der transzendenten Gleichung (II_2) zeigt (und man auch aus ihr allgemein leicht sehen kann), gibt es je nach den Werten der Konstanten zwei reelle positive Wurzeln bzw. überhaupt keine. Es gäbe also dementsprechend scheinbar zwei Werte für die gesuchte Stromdichte J bzw. überhaupt keinen. Diese formale Schwierigkeit ist natürlich lediglich dadurch bedingt, daß wir ausgegangen sind von einer Näherungslösung für unsere Differentialgleichung: Gibt es überhaupt keine Lösung, so befinden wir uns eben überhaupt außerhalb des Gültigkeitsbereiches der Näherung; gibt es zwei Lösungen, so hat mathematisch einen Sinn eben nur die, bei der wir uns im Gültigkeitsbereich der Näherung befinden. Wir müssen deshalb bei der Durchführung des skizzierten rechnerischen Programms vorsichtig sein. Zur Erläuterung sei noch an einem Zahlenbeispiel die Sachlage etwas genauer betrachtet. Für Wolfram in Stickstoff von etwa Atmosphärendruck wird mit der Substitution

$$\frac{4{,}1 \cdot 10^{-3}}{\beta} \frac{s^2}{(1-s)^2} \xi_0^{5/5} = x$$

die transzendente Gleichung

$$\sqrt{x} \cdot e^{-x} = \frac{1}{14\,\beta^{5/2}} \frac{s}{1-s}.$$

Da die linke Seite für $x = 0{,}5$ ein Maximum vom Betrag 0,43 hat, muß hier, damit es überhaupt eine Lösung gibt,

$$s < \frac{6\,\beta^{5/2}}{1 + 6\,\beta^{5/2}}$$

sein, also z. B. $s < 0{,}85$ für $\beta = 1$. Die ganze Methode ist deshalb hier nur brauchbar für Werte von s, die kleiner als 0,85 sind. In diesem Gebiet gibt es je zwei Wurzeln der transzendenten Gleichung, von denen nun natürlich eine oberhalb und die andere unterhalb $x = 0{,}5$ liegt. Diese Wurzeln und die zugehörenden ξ_0-Werte ergeben sich z. B. für $s = 0{,}8$ und $s = 0{,}1$ zu

$$s = 0{,}8\,, \quad x_1 = 1{,}42\,, \quad \xi_0 = 13{,}7\,; \qquad x_2 = 0{,}1\,, \quad \xi_0 = 1{,}42$$

$$s = 0{,}1\,, \quad x_1 = 3{,}8\,, \quad \xi_0 = 1{,}6 \cdot 10^4\,; \qquad x_2 = 5 \cdot 10^{-5}\,, \quad \xi_0 = 2{,}10^{-1}$$

und von diesen Lösungen sind brauchbar (und haben einen physikalischen Sinn) nur die Werte $\xi_0 = 13{,}7$ und $\xi_0 = 1{,}6 \cdot 10^4$, zu denen dann je ein Wert von J gehört.

Für den Kathodenfall V genügt es, den Wert 10 Volt anzunehmen; für die Ionenmasse wurde ein mittleres Atomgewicht von 50 zugrunde gelegt; für die Emissionskonstanten C und c wurden die von Haefer l. c. angegebenen Werte für Wolfram benutzt und für die Ionenweglänge $\lambda = 10^{-5}$ cm angesetzt. Zu bemerken ist dazu, daß mit zunehmendem λ das berechnete J etwas zunimmt, mit abnehmender Austrittsarbeit ziemlich stark zunimmt. Für den Grobfeinfaktor β wird man Werte zwischen 1 und 10 anzusetzen haben. Das Ergebnis der numerischen Rechnung ist in Fig. 4 dargestellt. In dieselbe Figur sind noch (strichpunktiert) eingetragen in Abhängigkeit von J die in den beiden Modellen sich ergebenden Dicken D des Kathodenfallgebietes, die sich aus einer zweiten numerischen Integration der Raumladungsgleichung finden lassen[5]). Wie man sieht, ist in den in der Figur erfaßten Stromdichtebereichen $D < \lambda$, d. h. das Modell I wird der Wirklichkeit besser gerecht sein als das Modell II, und erst bei noch wesentlich kleineren Stromdichten würde sich die Sachlage zugunsten des Modells II verschieben.

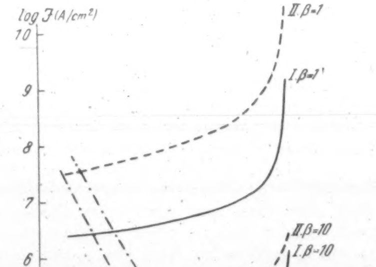


Fig. 4. Ergebnisse der numerischen Rechnung.

5) Diese recht mühsamen Rechnungen hatte Hr. Becken seinerzeit bereits durchgeführt, dessen Ergebnisse hier übernommen sind. Im übrigen habe ich Hr. Funk für eine Kontrolle meiner Rechnungen zu danken.

Zur Diskussion muß man sich nun daran erinnern, daß s das Verhältnis des Elektronenstroms zum Gesamtstrom an der Kathode war. Da nun bei einem Kathodenfall von 10 Volt, wie er hier angenommen wurde und wie dies den experimentell festgestellten Werten entspricht, ein von der Kathode ausgehendes Elektron bestenfalls ein Ion erzeugen kann, kommen zunächst im Rahmen der üblichen Vorstellungen über den Kathodenfallmechanismus überhaupt nur s-Werte in Betracht, die größer als etwa 0,5 sind. Beachtet man dies, so wird man also zusammenfassend sagen können: Die Feldbogentheorie ist nicht imstande, den Mechanismus des Kathodenfalls zu erklären; sie benötigt Stromdichtewerte an der Kathode, die auch unter günstigsten Annahmen um mehr wie eine Zehnerpotenz zu hoch liegen.

Man kann aber darüber hinaus noch folgende Überlegung anstellen. Wenn bei einem Kathodenfall von etwa 10 Volt für s wesentlich kleinere Werte als einige Zehntel angenommen werden, so macht man damit stillschweigend zugleich die weitere Annahme, daß außerhalb des eigentlichen Kathodenfallgebietes noch Ionenquellen liegen. Damit kommt man aber gerade auf die Slepiansche Theorie der thermischen Volumionisation, die nun also in den Vordergrund des Interesses gerückt ist, und es liegt nun natürlich nahe, die definitive Lösung zu suchen in einer Kombination dieser Theorie mit der Feldbogentheorie. Dabei tritt allerdings eine Schwierigkeit insofern auf, als nach den in Fig. 4 zusammengefaßten Ergebnissen (wie sich übrigens auch allgemein aus den benutzten Formeln ableiten läßt), J überraschend langsam mit abnehmendem s abnimmt. Um zu Stromdichtewerten herunter zu kommen, die in der Größenordnung der experimentell festgestellten liegen, müßte man so kleine s-Werte ($< 10^{-4}$) ansetzen, daß ein γ-Effekt, ein Photoeffekt od. dgl. bereits vergleichbar mit der Feldemission sind, wodurch die hier benutzten Ansätze physikalisch ihren Sinn verlieren; dann sind aber natürlich auch die mathematischen Folgerungen aus diesen Ansätzen nicht mehr zutreffend. Es ist deshalb der richtige Weg, die Slepiantheorie zu behandeln — nachdem man nun aus der vorstehenden Untersuchung weiß, daß die Feldbogentheorie unzureichend ist — der von Weizel, Rompe und Schön l. c. eingeschlagene, nämlich ein Aufbau von seiten des Plasmas her nach dem Schema der Theorie einer negativen Sonde in einem thermischen Plasma. Allerdings muß betont werden, daß man dabei zu einem befriedigenden Ergebnis noch nicht gekommen ist; auf einige grundsätzliche Bedenken haben die drei Verfasser schon selbst hingewiesen. Es dürften m. E. aber auch ihre für die quantitative Bewertung der Theorie entscheidend wichtigen Überlegungen über die Querstabilität und die radiale Einschnürung ihre Beweiskraft damit verlieren, daß sie in dieser Form wesentlich aufgebaut sind auf Beweglichkeitsansätzen für die Ladungsträger, und mit solchen Ansätzen bei der geringen Dicke des Raumladungsgebietes nicht mehr operiert werden darf.

Greifswald, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 8. Februar 1941.)

Über die Begleiterscheinungen des inversen Starkeffektes. (Elektrische Doppelbrechung.)

Von Fritz Gabler

I. Allgemeines

Während die Untersuchung der Voigtschen (magnetischen) Doppelbrechung in der Umgebung scharfer Absorptionslinien keine allzu großen experimentellen Schwierigkeiten bietet[1]), gestaltet sich schon der bloße Nachweis des elektrischen Analogons – die Begleiterscheinung des inversen Starkeffektes – außerordentlich viel komplizierter. Hierfür ist in erster Linie die Schwierigkeit der Erzeugung hinreichend hoher Feldstärken im absorbierenden Dampfraum maßgebend. Handelt es sich aber darüber hinaus um die nähere Untersuchung der Doppelbrechung im Zusammenhang mit der Aufspaltung bzw. Verschiebung der Spektrallinien im elektrischen Feld, so werden außerdem noch höchste Anforderungen an das spektrale Auflösungsvermögen der Apparatur gestellt, da sich der Effekt nur über ein ganz enges Spektralgebiet erstreckt.

Kopfermann und Ladenburg[2]) haben erstmalig einen inversen (quadratischen) Starkeffekt mit begleitender Doppelbrechung am Natriumdampf beobachtet, während früheren Untersuchungen anderer Autoren wegen der erwähnten Schwierigkeiten kein Erfolg beschieden war. Die Erzeugung starker elektrischer Felder lösten K. u. L. folgendermaßen: In einem von außen elektrisch heizbaren, natriumbeschickten Glasabsorptionsrohr standen, einen Plattenkondensator bildend, zwei Elektroden einander in so geringer Entfernung gegenüber, daß sich keine Entladung im engen Kondensatorspalt ausbilden konnte. Um auch außerhalb des Spaltes jede Entladung zu unterbinden, waren die Elektroden durch enganliegende Glasfassungen

1) F. Gabler, Zeitschr. f. Phys. **116**, 495, 1940.

2) H. Kopfermann und R. Ladenburg, Ann. d. Phys. **78**, 659, 1925. (Im folgenden abgekürzt mit: K. u. L.) R. Ladenburg, Zeitschr. f. Phys. **28**, 51, 1924.

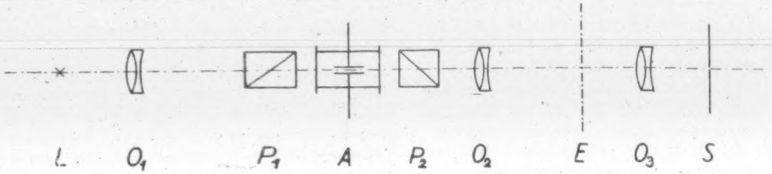


Fig. 1. Optische Anordnung (schematisch).

von außen her in das Absorptionsrohr eingeführt. K. u. L. erzielten auf diese Weise Felder bis zu 160 kV/cm, bei Dampfdrucken von etwa 10^{-4} bis 10^{-5} mm Hg.

In wesentlich einfacherer Weise löst man jedoch die konstruktiven Schwierigkeiten des Absorptionsrohres, wenn man als absorbierendes Medium einen zwischen den Elektroden hindurch geschickten Atomstrahl benutzt![3])

Eine solche Anordnung bietet erhebliche Vorteile! Zunächst ist die Gefahr einer plötzlich einsetzenden Entladung (ganz ähnlich wie bei Beobachtung des Starkeffektes im Kanalstrahlrohr) ausgeschaltet; Metallatome befinden sich ja nur im engen Spalt zwischen den Elektroden, während der übrige Raum im Absorptionsgefäß aufs höchste evakuiert wird. Ferner bleibt, da die Atomstrahlquelle (der Ofen) vom Absorptionsrohr getrennt ist, letzteres kalt, was sowohl dem Isolationsvermögen des Glases zuträglich, als auch für die Spannungsfreiheit der das Absorptionsrohr abschließenden Plangläser von ausschlaggebender Bedeutung ist. Nicht zu übersehen ist noch der Umstand, daß die gesamte absorbierende Schicht (in der Beobachtungsrichtung) innerhalb des elektrischen Feldes bleibt; dies kann bei Elektroden, die in einen Dampfraum hineinragen, grundsätzlich nie zutreffen und führt, wie K. u. L. bemerken, zu störenden Absorptionserscheinungen.

Die genannten Umstände vereinfachen die Konstruktion der Apparatur und steigern ihre Leistungsfähigkeit: ohne besondere Vorsichtsmaßregeln ließen sich Felder von über 250 kV/cm erreichen. Indessen soll nicht verschwiegen werden, daß zu allen Vorteilen ein Nachteil in Kauf zu nehmen ist: die normalerweise im Atomstrahl erzielbare Dampfdichte reicht an jene in geschlossener Dampfatmosphäre nicht heran. Dieser Umstand wirkt sich insbesondere bei der Untersuchung der der Dampfdichte proportionalen Doppelbrechung nachteilig aus.

Die folgenden Zeilen stellen einen vorläufigen Bericht dar, über die Beobachtung des inversen Starkeffektes und seiner Begleiterscheinung an Natrium- und Kaliumatomstrahlen. Zunächst sei kurz die Versuchsanordnung beschrieben.

II. Die Versuchsanordnung

Das Schema der optischen Anordnung stellt Fig. 1 dar. Die Lichtquelle L wird von einem Objektiv großer Öffnung O_1 durch den Polarisator P_1 hindurch, zwischen den Kondensatorplatten im Absorptionsgefäß A abgebildet. Nach Passieren eines zweiten Polarisationsprismas P_2 wird das Strahlenbündel von O_2 parallel gemacht, während das Objektiv O_3, in der Distanz seiner Brennweite von S aus aufgestellt, den Kondensatorspalt auf den Spektrographenspalt S abbildet.

Als Lichtquelle dienten bei sämtlichen Messungen Osram-Spektrallampen, obwohl sie, wie wir noch erörtern werden, nach einiger Brenndauer erhebliche Selbstumkehr zeigen. Die unter 45° zur Feldrichtung justierten Glanschen Prismen P_1 und P_2 mit 15 × 15 mm Öffnung erlaubten in gekreuzter Stellung trotz hoher Leuchtdichte der Lichtquelle nahezu völliges Auslöschen des Strahlenganges. Der Spektrograph, in Fig. 1 nur durch seinen Kollimatorspalt S angedeutet, war ein 3-Prismenspektrograph von Zeiss, mit $f = 84$ cm und ermöglichte bei seiner hohen Lichtstärke in gleicher Weise okulare Beobachtung als auch Photographie.

Die aus Duranglas geblasene Atomstrahlapparatur, in Fig. 2 dargestellt, gliedert sich in zwei Teile: die Anordnung zur Erzeugung der Strahlen und das Absorptionsrohr. Letzteres besteht im Wesentlichen aus einem kurzen, weiten Glasrohr, mit Flanschen zum Aufkitten der Abschlußgläser; vier Schliffansätze dienen zum Einführen: a) der Elektroden (seitlich), b) einer kühlbaren Atomstrahlauffangplatte (oben) und c) des Atomstrahlrohres (unten; in Fig. 2 ist einfachheitshalber nur c eingezeichnet). Dieses, bei 10 mm Lichtweite etwa 220 mm lang, wird über das weite Rohr P ausgepumpt und durch den engen Ansatz A mit dem zu verdampfenden Metall

3) Anmerkung bei der Korrektur: Während des Druckes dieser Arbeit erschienen zwei Berichte über Beobachtung kleinster Starkeffekte: L. Jänckel und H. Kopfermann bzw. H. Kopfermann und Ch. Otzen, Zeitschr. f. Phys. **114**, 145 bzw. 156, 1941. Die Verfasser verwenden interessanterweise ebenfalls eine Atomstrahlanordnung und erreichen damit eine bisher unerreichte Auflösung.

beschickt[4]). In dieser einfachen Anordnung spielt die Metalloberfläche die Rolle des „Ofenspaltes"[5]), während eine am oberen Rohrende bei B liegende Schlitzblende den „Abbildespalt"

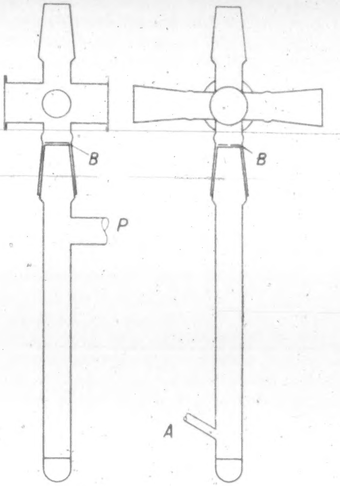


Fig. 2. Atomstrahlapparatur (schematisch).

darstellt. Er läßt einen Atomstrahl vom Querschnitt etwa 1×10 mm zwischen den Elektroden hindurchstreichen. Diese hatten 15 mm Durchmesser und einen Abstand von 1,2–1,5 mm.

Um störende Strahlstreuungen zu vermeiden, erfolgte das Auspumpen der Atomstrahlapparatur mit einer leistungsfähigen Öldiffusionspumpe (Leybold, Modell Q) auf besser als $1 \cdot 10^{-6}$ mm Hg. Zur Metallverdampfung wurde über das untere Rohrende ein kleiner elektrischer Ofen übergeschoben.

Die an die Elektroden (über einen Wasserwiderstand) gelegte Hochspannung wurde einem Transformator für 90 kV entnommen und primärseitig mittels Stufentransformator geregelt. Eine Halbwellen-Ventilrohrschaltung lieferte sodann in Verbindung mit einem 0,5-MF-Kondensator ausgezeichnet konstante Gleichspannung, da der Stromverbrauch immer unter 10^{-4} A lag. Für orientierende Messungen genügte im übrigen meist Wechselspannung.

III. Ergebnisse

1. Messungen an Natrium

A. Untersuchung der Doppelbrechung in der Umgebung der D-Linien

Die Entstehung der Doppelbrechung macht man sich wohl am einfachsten folgendermaßen klar[6]): Sei L die Absorptionslinie im feldfreien Zustand (vgl. Fig. 3), so zeigt der Brechungsindex n einen Verlauf nach Art der voll ausgezogenen Kurve. Werde nun die Linie L im elektrischen Feld in zwei parallel bzw. senkrecht zur Feldrichtung schwingende Komponenten L_π bzw. L_σ aufgespalten, so zeigen die gestrichelten Kurven den Verlauf der Brechungsindices n_π bzw. n_σ. Die Ordinatendifferenz beider Kurven gibt ein Maß für die Phasendifferenz Δ (strichpunktiert eingezeichnet), welche ordentliche und außerordentliche Welle nach dem Durchlaufen des absorbierenden Mediums gegeneinander aufweisen. Diese Phasendifferenz verläuft symmetrisch in bezug auf die Mitte zwischen L_π und L_σ, und erreicht dort ihren Höchstwert. In der Nachbarschaft beider Absorptionslinien besitzt sie je eine Nullstelle: die Doppelbrechung wechselt also zweimal ihr Vorzeichen. Im Gegensatz zum Kerreffekt (Orientierungseffekt) ist die hier beschriebene Doppelbrechung eine Dispersionserscheinung und als solche im wesentlichen auf die engste Nachbarschaft der aufgespaltenen Absorptionslinien beschränkt.

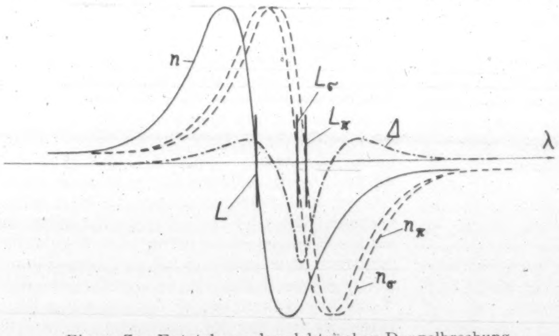


Fig. 3. Zur Entstehung der elektrischen Doppelbrechung.

4) Für das klaglose Funktionieren der Anordnung ist es wichtig, reines, nicht oxydiertes Metall einzubringen.

5) Vgl. hierüber z. B. H. Kopfermann, Kernmomente. Akad. Verlags-Gesellsch. m. b. H., Leipzig 1940; sowie H. Bomke, Erzeugung von Atom- und Ionenstrahlen. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1939.

6) Vgl. Fußnote 2 auf S. 67.

Am einfachsten weist man die Phasendifferenz in der (allerdings nicht sehr empfindlichen) Anordnung gekreuzter Polarisationsprismen nach[7]). Erzeugt man den Atomstrahl durch anheizen des Ofens auf 300–400° C, so sieht man schon bei Feldstärken von etwa 50 kV/cm deutliche Aufhellung des Gesichtsfeldes. Dies ist eine bemerkenswerte Wirkung des elektrischen Feldes, wenn man die sehr geringe Dampfdichte und einen Absorptionsweg von nur rund 10 mm im Atomstrahl berücksichtigt! In der Tat ist noch keine Spur einer Absorption zu erkennen, während sich ihre Existenz bereits durch die Doppelbrechung bemerkbar macht. Mit wachsender Feldstärke nimmt die Erscheinung rasch an Deutlichkeit zu und ist leicht im Spektralapparat zu photographieren. Die Wiedergabe einer solchen Aufnahme zeigt Fig. 4 im Vergleich zu einem Ausschnitt aus dem Spektrum der

Fig. 4. Spektralaufnahme der Doppelbrechung (oben) und D-Linien zum Vergleich (unten).

Lichtquelle, welcher in der unteren Hälfte der Figur das Gebiet um die beiden D-Linien enthält[8]). Wie man sieht, erstreckt sich die Doppelbrechung nur auf den Wellenlängenbereich in der nächsten Umgebung der D_2-Linie ($\lambda = 5890$ Å); D_1 aber erscheint nicht! Bekanntlich ist dies darauf zurückzuführen, daß D_2 im elektrischen Feld eine Aufspaltung, D_1 jedoch bloß eine Verschiebung erfährt. Im einzelnen waren bei dieser Aufnahme folgende Bedingungen eingehalten: Temperatur im Atomstrahlofen 320° C; Elektrodendistanz 1,2 mm; angelegte Spannung 25 kV; Spektrographenspaltbreite 0,1 mm; Belichtungsdauer 30 Minuten.

Eine Erhöhung der Ofentemperatur, also Intensivierung des Atomstrahles, führte zu keiner merklichen Vergrößerung der Doppelbrechung. Allerdings wäre eine solche in dieser einfachen Anordnung auch nur schwierig festzustellen. Denn man muß bedenßen, daß (vgl. Fig. 3) die Phasendifferenz wellenlängenabhängig ist und aus dem Absorptionsrohr daher ein Gemisch polarisierten Lichtes verschiedener Elliptizität austritt. Deshalb ist es z. B. nicht möglich, durch Zuschalten eines Viertelwellenlängenplättchens und Nachdrehen des Analysators die Aufhellung rückgängig zu machen. Eine präzise Angabe der Größe der Doppelbrechung erscheint nach diesem Verfahren also grundsätzlich unmöglich, denn an eine Auflösung der Erscheinung mit dem Prismenspektrographen ist natürlich nicht zu denken.

Um letzterem Übelstand abzuhelfen, ist es naheliegend, den Prismenspektrographen mit einem Interferenzspektroskop zu kombinieren.

B. Beobachtungen mit Fabry-Pérot-Etalon

Das Etalon mit 6 cm Plattendurchmesser wurde so in den Strahlengang eingesetzt (E in Fig. 1), daß das Objektiv O_3 die im Unendlichen liegenden Interferenzringe auf den Spektrographenspalt abbildet. Die Spektrallinien erscheinen dann in bekannter Weise von Interferenzringen durchzogen. Meist wurde mit einer Plattendistanz $d = 17{,}5$ mm gearbeitet, was einem Dispersionsbereich, also einem Abstand $\Delta\lambda$ zweier benachbarter Ringe (Ordnungen) von rund 0,1 Å entspricht ($\Delta\lambda = \lambda^2/2d$).

Auch das Auflösungsvermögen dieser Anordnung reichte aber weder hin, um Absorption und damit den Starkeffekt unmittelbar nachzuweisen, noch um die begleitende Doppelbrechung völlig, etwa nach Art der Fig. 3, aufzulösen. Doch läßt sich die Doppelbrechung so weit analysieren, daß bemerkenswerte Schlüsse möglich sind.

In der Anordnung nach Fig. 1, aber mit Etalon, waren die Polarisationsprismen gekreuzt. Anlegen des Feldes an die Elektroden bewirkte schwaches (mit dem Auge kaum sichtbares) Aufleuchten des die D_2-Linie durchziehenden Interferenzringsystems, welches photographiert wurde. Die so entstehende Aufnahme eignet sich gut zum Ausphotometrieren der Intensitätsverteilung längs der Linie. Fig. 5 zeigt unten ein solches Photogramm, darüber eine Vergleichsaufnahme ohne Feld und bei parallelen Polarisationsprismen[9]). Dabei liegen korrespondierende Wellenlängen übereinander. Auf den ersten Blick entnimmt man der Fig. 5 zweierlei:

1. Die Maxima der Aufhellung verlaufen steiler, die Minima sind breiter als auf der Vergleichsaufnahme. Merkliche Doppelbrechung tritt

7) Über die Anwendung einer empfindlicheren Halbschattenmethode vgl. die Untersuchungen an Kalium, Abschnitt III, 2.

8) Grundsätzlich müßte es genügen, mit weißem Licht zu beleuchten, um Aufhellung im betrachteten Spektralbezirk zu beobachten. Tatsächlich bleibt aber dann der gesuchte Effekt aus. Dies ist offenbar auf die zu geringe Intensität in dem engen Wellenlängenbereich der D-Linien zurückzuführen.

9) Diese Vergleichsaufnahme läßt eine merkliche Selbstumkehr in der Lichtquelle erkennen. Für die hier gezogenen, im wesentlichen noch qualitativen Schlüsse ist dieser Umstand aber ohne Bedeutung.

also nur in einem engeren Wellenlängenbereich auf, als der Breite der D_2-Linie (die mit einer Halbbreite von etwas weniger als 0,1 Å die Rolle des kontinuierlichen Absorptionsuntergrundes spielt) entspricht.

2. Die Maxima der Aufhellung sind gegenüber der Vergleichsaufnahme etwas nach rechts, zum Zentrum der Interferenzfigur, also nach langen Wellen hin, verschoben. Dies bedeutet Frequenzabnahme sowohl der π- als auch der σ-Komponenten der D_2-Linie unter dem Einfluß des elektrischen Feldes. Es ergibt sich also ein unsymmetrisches Aufspaltungsbild, etwa so, wie wir es in der Fig. 3 vorweggenommen haben. Daß es nicht möglich ist, diese π- und σ-Komponenten zu trennen, liegt, wie schon bemerkt, einmal an dem zu geringen Auflösungsvermögen des Etalons, zum anderen daran, daß die Absorptionslinien selbst gar nicht sichtbar sind und sich nur durch die Sekundärerscheinung der Doppelbrechung kundtun. Mit Sicherheit ist jedoch aus Fig. 5 die Größenordnung der Linienverschiebung zu entnehmen: sie liegt in den Hundertsteln Ångström.

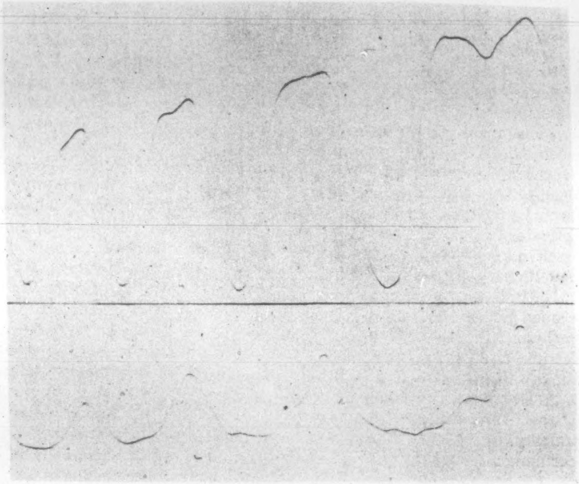


Fig. 5. Photogramm der Fabry-Perot-Interferenzen. Oben ohne, unten mit Feld.

2. Beobachtungen an Kalium

Die Suche nach der den inversen Starkeffekt begleitenden Doppelbrechung in der Umgebung der Kaliumresonanzlinien blieb ergebnislos. Allerdings stellen sich auch größere experimentelle Schwierigkeiten ein als im Falle des Natriums. Zum Beispiel konnten bei Temperaturen des Atomstrahlofens von etwa 280° C trotz Kühlung des Strahlauffängers mit fester Kohlensäure Feldstärken von 130 kV/cm nicht überschritten werden, ohne Entladungserscheinungen herbeizuführen. Dies rührt zweifellos davon her, daß die Kaliumatome (viel stärker als Natrium) am Strahlauffänger reflektiert werden und das ganze Absorptionsrohr erfüllen. Ferner besitzt die als Lichtquelle verwandte Kaliumspektrallampe in den Linien 7645/99 Å eine ganz wesentlich geringere Intensität als die Natriumlampe in den D-Linien[10]). Es war deshalb trotz mehrstündiger Belichtungszeit nicht verwunderlich, beim Feldanlegen kein Erscheinen der Linie 7645 Å (analog der D_2-Linie) zwischen gekreuzten Polarisationsprismen zu bemerken[11]). Deshalb wurde als empfindliches Reagens auf Doppelbrechung eine Halbschattenmethode benutzt: die horizontale Gesichtsfeldtrennungslinie einer unmittelbar hinter dem Absorptionsrohr (vgl. Fig. 1) angeordneten Bravaisschen Halbschattenplatte[12]) wurde, unter Weglassen von O_2, vom Objektiv O_3 auf die Mitte des Spektrographenspaltes abgebildet. So hätten sich noch Phasendifferenzen von $\lambda/100$ durch verschiedene Helligkeit der oberen und unteren Hälfte des Spektrums nachweisen lassen müssen. Es konnte jedoch keine Andeutung eines solchen Effektes bemerkt werden.

10) Daß okulare Beobachtung in diesem Spektralbereich kaum mehr durchführbar ist, empfindet man im Hinblick auf die Verwendungsmöglichkeit der empfindlichen Agfa-Infrarotplatten nur als Unbequemlichkeit.

11) Zwar konnten W. Grotrian und G. Ramsauer (Physik. Zeitschr. **28**, 946, 1927) den inversen Starkeffekt an der Kalium-Hauptserie bis zum 4. Glied nachweisen; doch hatten sie mit Drucken von etwa 10^{-4} mm Hg und Absorptionslängen bis zu 800 mm völlig andere Versuchsbedingungen gewählt.

12) Vgl. z. B. F. Gabler, Wiener Ber. IIa. **148**, 111, 1939. — Ferner: G. Szivessy und W. Herzog, Zeitschr. f. Instrkde. **58**, 229, 1939.

IV. Zusammenfassung

Es wird eine vorläufige Mitteilung über Beobachtungen des inversen Starkeffektes und seiner Begleiterscheinung (transversale elektrische Doppelbrechung in der Umgebung gewisser Absorptionslinien) an Natrium und Kalium gegeben. Die Schwierigkeiten, die sich der experimentellen Untersuchung dieses Problems entgegenstellen, werden in entscheidender Weise durch Benutzung eines Atomstrahles als absorbierende Schicht ausgeschaltet. Insbesondere lassen sich so Feldstärken bis zu 250 kV/cm ohne sonderliche Vorsichtsmaßregeln erzielen.

Nach der Methode gekreuzter Polarisationsprismen gelingt leicht der Nachweis der Doppelbrechung in der unmittelbaren Umgebung der Natrium-D_2-Linie, während an D_1 kein solcher Effekt wahrnehmbar ist. Es rührt dies daher, daß D_1 im elektrischen Feld eine bloße Verschiebung, D_2 aber Aufspaltung erfährt. Ein Fabry-Pérot-Etalon mit 17,5 mm Plattendistanz löst die Erscheinung zwar nicht völlig auf, doch kann man die Größenordnung der D_2-Aufspaltung im Felde von 200 kV/cm mit Hundertstel Ångström angeben.

In der Umgebung der der D_2-Linie analogen Kaliumresonanzlinie $\lambda = 7645$ Å konnte — auch nach einer empfindlichen Halbschattenmethode — keine elektrische Doppelbrechung nachgewiesen werden.

Die Untersuchungen werden, vor allem in der Richtung größeren Auflösungsvermögens, weitergeführt.

Wien, Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

(Eingegangen 19. März 1941.)

Zur Bestimmung des Auflösungsvermögens von Elektronenmikroskopen

Von Manfred von Ardenne

Mit Tafel I

Inhalt: Die übliche Methode zur Bestimmung des Auflösungsvermögens. Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Testpräparaten. Ergebnisse.

Im Anschluß an Gepflogenheiten der Lichtoptik erfolgt heute in der Elektronen-Übermikroskopie die Bestimmung des Auflösungsvermögens fast allgemein aus dem Abstande der Schwerpunkte zweier gerade noch getrennt erscheinender kleiner Teilchen ungefähr gleicher Größe[1]).

1) Vgl. B. v. Borries und E. Ruska, Versuche, Rechnungen und Ergebnisse zur Frage des Auflösungsvermögens beim Übermikroskop. Zeitschrift f. techn. Phys. **20**, H. 8, 225, 1939, und M. v. Ardenne, Elektronen-Übermikroskopie. Berlin 1940. Verlag J. Springer. Abschnitt: Die Bestimmung des Auflösungsvermögens.

Dieses ausgezeichnete Verfahren liefert um so genauere Werte für das Auflösungsvermögen, je häufiger die Teilchenabstände im Gesichtsfeld der Aufnahme gerade Werte aufweisen, die dem zu erwartenden Auflösungsvermögen nahekommen. Zugleich muß die Voraussetzung erfüllt sein, daß die Durchmesser der einzelnen Teilchen den Wert des Auflösungsvermögens nicht überschreiten. Schließlich ist eine hohe Dichte der Teilchensubstanz wünschenswert und bei den leistungsfähigsten Instrumenten sogar notwendig, damit die Einzelteilchen noch mit ausreichendem Kontrast abgebildet werden. Alle genannten Voraussetzungen sind nur sehr selten erfüllt, so daß bisher die Bestimmung des Auflösungsvermögens meist an zufällig mehr oder weniger geeigneten Präparaten beiläufig im Rahmen langer Aufnahmereihen erfolgte.

Ein Weg zur systematischen Herstellung von Testpräparaten für die Bestimmung des Auflösungsvermögens wurde vom Verfasser kürzlich im Zusammenhang mit einer speziellen Aufgabenstellung beschritten[2]). Dort findet sich eine Methode angegeben, um elektronenmikroskopische Präparate herzustellen, bei denen schon in einem Objektausschnitt von nur wenigen μ^2

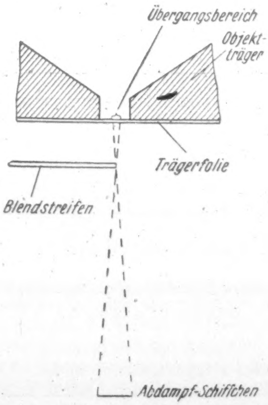


Fig. 1. Herstellung von Schichtkeilen unter Anwendung der Methode der Substanzaufdampfung im Vakuum.

feinste Teilchen mit allen für die obige Aufgabe wünschenswerten Häufigkeiten vorkommen. Das Prinzip der Methode wird durch Fig. 1 veranschaulicht. Auf einer besonders dünnen Kollo-

2) M. v. Ardenne, Über eine elektronenmikroskopische Untersuchung der Struktur reflexmindernder Schichten und über die Bemessung solcher Schichten. Zeitschr. f. angew. Photographie 1941. Im Druck.

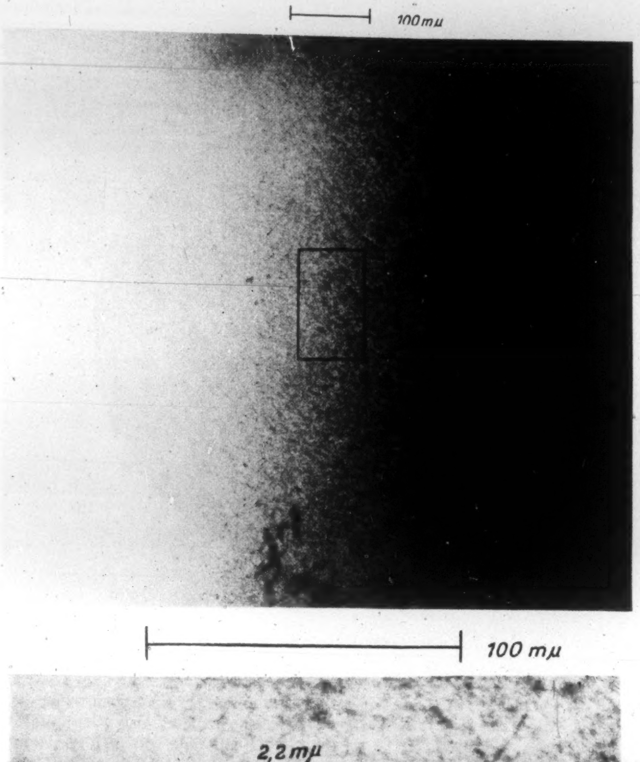


Fig. 4. Keilförmiger Übergangsbereich zu einer aufgedampften Goldschicht. a) Vergrößerung 145 000fach. b) Vergrößerung des Teilausschnittes 590 000fach. Mikroskopauflösungsvermögen 2,2 mμ.

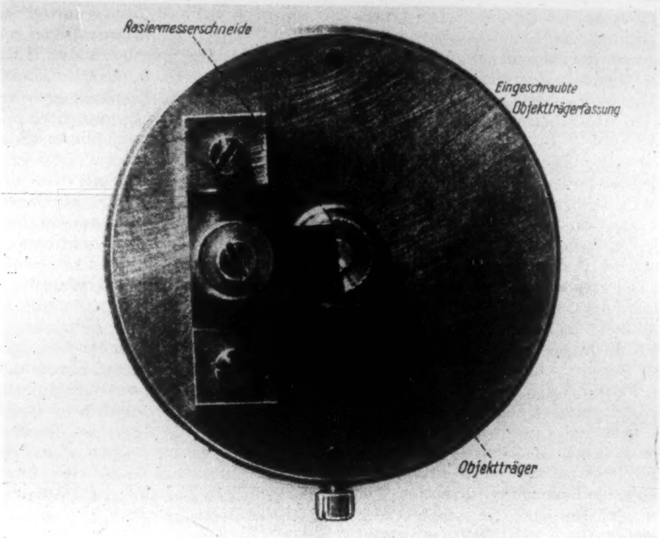


Fig. 2. Die Vorrichtung zur Aufdampfung von Schichtkeilen mit Objektträger und Blendstreifen.

diumobjektträgerhaut wird im Vakuum eine Schwermetallschicht aufgedampft. Kurz vor der Objektträgerfolie ist ein Blendstreifen angebracht, der einen Teil der über der Objektträgerbohrung liegenden Folie abschattet. Auf diesen Folienbereich gelangen bei gutem Vakuum praktisch keine Schwermetallpartikel. In dem nichtabgeschatteten Folienbereich bildet sich die volle, den Verdampfungsdaten zugeordnete Schichtdicke aus. Zwischen den beiden Zonen liegt ein Übergangsbereich, in dem alle Häufigkeitszahlen der Partikel je Flächeneinheit, die zwischen den beiden Grenzen liegen, vorkommen.

Die praktisch zur Herstellung von Schichtkeilen benutzte einfache Vorrichtung ist in Fig. 2 abgebildet. Als Blendstreifen dient die Schneide eines Rasiermessers, die in einem Abstand von 0,1–0,2 mm vor der Objektträgerfolie mit Hilfe eines Präpariermikroskopes justiert ist.

Das lichtmikroskopische Übersichtsbild einer auf diese Weise aufgedampften dünnen Wolframschicht bringt Fig. 3. Bei opaker Beleuchtung hebt sich der bedampfte Teil der Folie gut ab. Der Übergangsbereich hatte bei diesem Präparat, wie erst das Elektronenbild erkennen ließ, eine Länge von 0,5 μ. Eine Auflösung der Schicht in einzelne Partikel gelang mit dem normalen Universalelektronenmikroskop noch nicht, so daß mit diesem Präparat

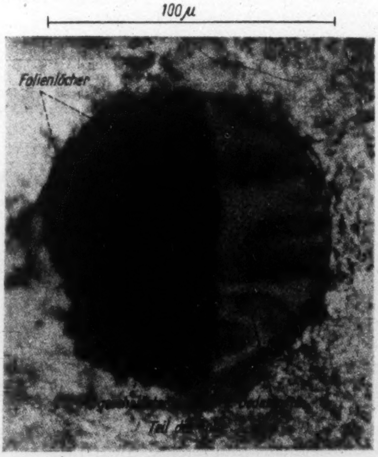


Fig. 3. Lichtmikroskopisches Bild (Aufsicht-Hellfeld) einer auf die eine Hälfte des Objektträgers aufgedampften Wolframschicht. Übergangsbereich etwa 0,5 μ.

eine Art übermikroskopischer Graukeil zur Verfügung steht, der u. a. für die experimentelle Untersuchung des Einflusses der Objektschichtdicke auf die Abbildung gute Dienste leisten kann. Offenbar lagerten sich unter den gewählten Verdampfungsbedingungen die Wolframatome im wesentlichen einzeln auf der Folie ab.

Nach diesem Vorversuch wurde ein weiteres Präparat mit Gold (etwas Silber mit enthaltend) hergestellt, da Gold bekanntlich zur Rekristallisation neigt und somit die Hoffnung gegeben war, auf diesem Wege aus nur wenigen Goldatomen bestehende Partikel verschiedener Größe zu erhalten. Die Elektronenbilder Fig. 4 zeigen, daß diese Hoffnung sich erfüllt hat und daß die Elementarpartikel dieser Schicht bereits einzeln sichtbar sind. Elektronenoptisch ist die Aufnahme relativ hoch, d. h. 24000fach vergrößert, so daß das Plattenkorn noch keine Störung hervorruft. Der ganze Übergang eines Aufdampfkeiles liegt im Gesichtsfeld des etwas schwächer vergrößerten Ausschnittes der Fig. 4a (Tafel). Ganz links ist die Folie unbedampft und wir sehen keine Granulation. Dann folgt ein Bereich, wo die Teilchen mit zunehmender Häufigkeit neben- und schließlich auch übereinanderliegen. Ganz rechts hat die Schichtdicke bereits so zugenommen, daß die Bildschärfe unter dem Einfluß der räumlichen Elektronenstreuung in der Schicht erheblich nachläßt.

In einem mittleren Teil der Keilaufdampfschicht haben die Partikel häufiger Abstände, die dem Auflösungsvermögen des Universalelektronenmikroskopes entsprechen. Einen vergrößerten Ausschnitt dieser Zone vermittelt das Bild in Fig. 4b (Tafel). Die Aufnahme läßt erkennen, daß das Auflösungsvermögen des Universal-Elektronenmikroskopes[1]) heute den Wert von 2,2 mμ erreicht. Die Aufnahme wurde mit der besonders rotationssymmetrisch hergestellten magnetischen Polschuhlinse von 1,6 mm Brennweite erhalten, und zwar erst, nachdem eine hervorragende Reinigung und besonders sorgfältige Zentrierung der Objektivblende stattgefunden hatte. Nur der ausgezeichneten mechanischen, magnetischen und elektronenoptischen Rotationssymmetrie des Objektsystems ist die runde, astigmatismusfreie Wiedergabe der feinsten Teilchen zu verdanken.

Nicht nur für das hier behandelte Thema, sondern ganz allgemein für die elektronenmikroskopische Untersuchung von Elementarteilchen und der Struktur im Vakuum aufgedampfter Schichten dürfte die besprochene einfache Methode sich als nützlich erweisen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die vorstehende Mitteilung durch eine Forschungsbeihilfe für den Bau und den Betrieb des Universal-Elektronenmikroskopes wirksam gefördert.

1) M. v. Ardenne, Über ein Universal-Elektronenmikroskop für Hellfeld-, Dunkelfeld- und Stereobildbetrieb. Zeitschr. f. Phys. **115**, H. 5/6, 339, 1940.

Berlin-Lichterfelde-Ost.

(Eingegangen 19. März 1941.)

BERICHTE.

Neuere Ionenquellen

Von H. Korsching

Vor einigen Jahren ist in dieser Zeitschrift im Zusammenhang mit anderen Fragen über Ionenquellen berichtet worden (1). Da in der Zwischenzeit einerseits neue Konstruktionsprinzipien, andererseits leistungsfähige Variationen schon angegebener Anordnungen veröffentlicht wurden, erscheint es wünschenswert, die inzwischen erreichten Resultate zusammenzustellen. Die beiden Anwendungsbereiche, die im Vordergrund des Interesses stehen, sind einmal die Massenspektroskopie, dann das Gebiet der Kernumwandlungsprozesse. Während für Kernumwandlungen Protonen-, Deuteronen- und Heliumionenquellen in Frage kommen, erfordert die Massenspektroskopie Ionenquellen universeller Brauchbarkeit, deren Intensität aber klein sein kann, sofern man sich nicht die Aufgabe einer präparativen Isotopentrennung stellt. Nun ist aber gerade die Herstellung wägbarer Mengen reiner Isotope ein Ziel, das vielfach erstrebt und auch teilweise verwirklicht worden ist. Während aber in der reinen Massenspektroskopie kein ausgesprochenes Bedürfnis nach extrem starken Ionenquellen besteht, sind solche für Kernumwandlungen verschiedentlich gebaut worden. Man wird sich bei der Entwicklung derartiger Apparaturen, die der Herstellung von reinen Isotopen mittels eines Massenspektrographen dienen sollen, an die für starke Intensitäten erprobten Konstruktionen anlehnen. Mit dem Problem einer brauchbaren Ionenquelle eng verknüpft ist das der Ionenoptik. Je stärker die erzeugten Ionenströme sind, desto störender macht sich der Raumladungseffekt bemerkbar und erschwert die Fokussierung.

Für eine Gruppe von Elementen, nämlich die Alkalimetalle, existiert eine Reihe starker Quel-

len, die auf der Kunsman-Anode beruhen und eine ausreichende Lösung dieses Problems bedeuten. In dem oben zitierten Bericht ist die betreffende Literatur ausführlich angegeben. Es braucht deshalb an dieser Stelle nicht darauf eingegangen zu werden. Im folgenden werden nun an Hand einiger wichtiger Arbeiten verschiedene Konstruktionsprinzipien erläutert.

Kanalstrahlrohr

Die älteste Art der Ionenerzeugung ist die Kanalstrahlmethode. Zwischen zwei gegenüberstehenden Elektroden brennt bei einem Druck von etwa 10^{-3} mm *Hg* eine Entladung mit einer Spannung, die gewöhnlich 5–20 kV beträgt. Die in dem Entladungsraum gebildeten positiven Ionen fliegen auf die Kathode zu und können durch einen sie durchsetzenden Kanal den Entladungsraum verlassen. Während bei den ersten Anordnungen die Elektroden mehr oder minder plattenförmig ausgebildet waren und der Entladungsraum sonst durch irgendein geeignetes Isoliermaterial begrenzt wurde, haben zum erstenmal Oliphant und Rutherford (2) ein Kanalstrahlrohr gebaut, bei dem alle der Entladung ausgesetzten Teile aus Metall bestehen. In der röhrenförmigen Kathode, die unten in einem beiderseits konkaven Stahlblock endet, in dem sich die Kanalbohrung befindet, hängt konzentrisch die Anode als unten offene Röhre. Der Abstand zwischen beiden Rohren ist so klein, daß sich dazwischen keine Entladung ausbilden kann. Bei einer Stromstärke von 20 mA im Rohr wird der aufgefangene Ionenstrom zu etwa 1 mA angegeben. Nach einer gewissen Einbrennzeit, während der der Ionenstrahl hauptsächlich aus Molekülionen besteht, enthält der Strahl zum überwiegenden Teil Protonen. Bouwers, Heyn und Kuntke (3), die eine abgeänderte Form des Rohres benutzen, erhalten in der Hauptsache Wasserstoffmolekülionen. Bothe und Gentner (4) bekommen mit einem Oliphant-Rutherford-Rohr etwa 65 Proz. Wasserstoffatomionen, wobei der Strom bis zu 25 μA betrug.

Eine sehr leistungsfähige Form der Kanalstrahlröhre ist von Hailer (5) entwickelt worden (Fig. 1). Unter Benutzung einer Anodenblende, die als elektrostatische Linse wirkt und dicht über der Kathode angeordnet ist, wird der Ionenstrahl auf den Kanal der Kathode konzentriert. Beide Elektroden sind wassergekühlt. Der dem Kanal der Kathode benachbarte Teil ist wegen der großen thermischen Beanspruchung aus Molybdän. In Fig. 2 ist der nutzbare Ionenstrom in Abhängigkeit der Entladungsstromstärke für eine bestimmte Spannung aufgetragen. Die Anodenblende darf nicht zu klein sein, da sonst bei vorgegebener Spannung der Gasdruck im Rohr zu groß sein müßte und somit im Nachbeschleunigungsraum das erforderliche

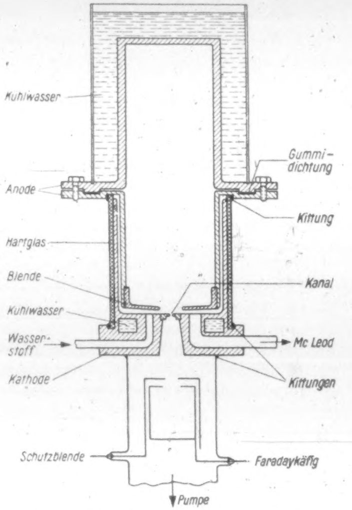


Fig. 1. Kanalstrahlrohr nach Hailer.

Hochvakuum zu schwierig zu erreichen wäre. Für den in der graphischen Darstellung angegebenen Punkt mit etwa 1,4 mA beträgt der Gasdruck im Kanalstrahlrohr 0,18 mm *Hg*. In der oben zitierten Arbeit stellt Hailer auch eine Reihe von Versuchen an, die den Zweck haben, den Entladungsmechanismus einer derartigen Gasentladung zu klären. Er zeigt unter

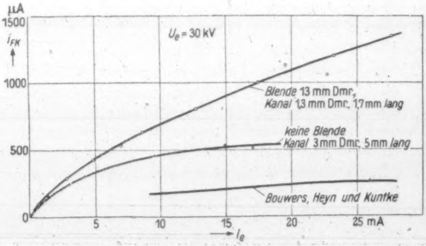


Fig. 2. Ionenausbeute als Funktion der Entladungsstromstärke.

anderem, daß im Gegensatz zu einer gewöhnlichen Glimmentladung Ionisation durch Ionenstoß im Gasraum stattfindet und daß man, ohne die Entladung zu stören, den gesamten Ionen-

strahl bei genügend weitem Kathodenkanal entnehmen kann. Der Ionenstrom besteht hier zu 30 Proz. aus Protonen.

Allen Kanalstrahlröhren ist eigentümlich, daß die Energie der Ionen sehr stark inhomogen ist, da sie entsprechend ihrem Ursprungsort sehr unterschiedliche Potentialdifferenzen durchlaufen haben.

Bogenentladung mit fremdgeheizter Kathode

Auf der Möglichkeit der Ionenbildung durch Elektronenstoß beruhen eine ganze Anzahl wichtiger Quellen. Allen ist gemeinsam, daß sie eine fremdgeheizte Kathode besitzen, die die erforderlichen Elektronen emittiert.

Crane, Lauritsen und Soltan (6) konstruierten eine Anordnung, bei der unter einer wassergekühlten Anode sich die Glühkathode befindet. Darunter wieder ist ein düsenförmiger Kanal angeordnet, gegen den die gebildeten Ionen beschleunigt werden. Der Druck ist 10^{-2} bis 10^{-3} mm *Hg*. Bei einer Spannung von 1000 Volt und mit 0,5 A Bogenstrom wird ein Ionenstrom von 200 μA erreicht.

Zu einer beachtlichen Vollkommenheit ist der Niedervoltbogen von Lamar und Luhr (7) entwickelt worden. Die Glühkathode ist in einem kastenförmigen Raum eingeschlossen, dessen oberer Deckel die Anode ist, während der übrige Teil, der negativ gegen die Kathode gehalten wird, in der Mitte der unteren Fläche eine durch ein Drahtnetz verschlossene Öffnung trägt, durch die die erzeugten Ionen heraustreten können. Der größte Teil der positiven Ionen trifft nun auf die untere Hälfte des Kastens auf und gibt, weil der Akkommodationskoeffizient für Wasserstoffionen klein ist, den größten Teil seiner Energie im Gasraum ab. Dadurch wird eine Dissoziation der Wasserstoffmoleküle bewirkt, und somit steigt die relative Ausbeute an Atomionen. Voraussetzung dafür ist aber, daß die negative Hilfselektrode nicht rotglühend wird und ihre adsorbierte Gasschicht verliert, was die Rekombination des atomaren Wasserstoffes begünstigen würde. Bei geeigneten Potentialen von Anode und Hilfselektrode besteht der Ionenstrom zu 98 Proz. aus Protonen. Aus wiedergegebenen Massenspektrogrammen ist außerdem ersichtlich, daß die Häufigkeit der H_3^+-Ionen die der H_2^+-Ionen um ein Vielfaches übertrifft. Der maximale Ionenstrom beträgt 0,5 mA bei einer Stromdichte von 8 mA pro cm². Der Wasserstoffdruck ist aber ziemlich hoch, nämlich 0,3 bis 0,4 mm *Hg*. Aus dem erforderlichen hohen Druck ergibt sich der Nachteil dieser Quelle, bestehend in den großen Anforderungen, die an die Pumpapparatur gestellt werden müssen, um im Beschleunigungsteil Hochvakuum zu erhalten.

Im Gegensatz hierzu hat Scott (8) eine Anordnung beschrieben, die bei sehr kleinen Drucken arbeitet. Sie ist in Fig. 3 wiedergegeben.

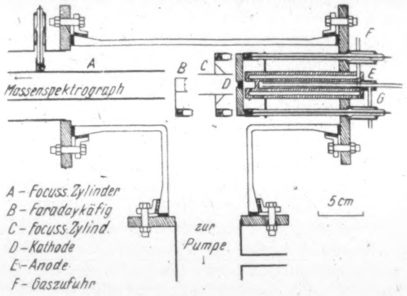


Fig. 3. Ionenquelle nach Scott.

Die wassergekühlte Anode besitzt eine zylindrische Vertiefung, in die durch dünne Bohrungen der zu ionisierende Wasserstoff strömt. Dicht davor und konzentrisch dazu sitzt die Kathode, die bei einem Potential von 800 Volt gegen die Anode bis zu 600 mA Elektronenstrom emittieren kann. Der Gasdruck beträgt $3 \cdot 10^{-4}$ bis 10^{-5} mm *Hg*. Der maximale Ionenstrom ist 4 mA. Dabei ist aber die Fokussierung nicht mehr vollständig. Vielmehr wird eine glatte Fokussierung nur bis 100 μA bewerkstelligt. Er untersucht massenspektrographisch die Zusammensetzung des Ionenstrahls und findet eine Zunahme des Protonenanteils bei abnehmendem Druck mit konstant gehaltener Elektronenenergie und Elektronenemission. Der Protonenstrom beträgt bis zu 60 Proz. der Gesamtintensität.

Kapillarbogen

Um zu einer Ionenquelle zu gelangen, die einen möglichst kleinen Gasverbrauch zeigt und die es gestattet, in dem Raum, in dem die Ionen nachbeschleunigt und fokussiert werden, leicht ein gutes Vakuum zu erreichen, haben Tuve, Dahl und Hafstad (9) auf Anregung von Mohler einen Bogen konstruiert, bei dem der mittlere Teil der Entladung durch eine Stahlkapillare eingeengt ist. In ihrer Mitte trägt die Kapillare eine seitliche Bohrung, durch die die Ionen aus dem Bogenplasma herausgezogen und fokussiert werden können. Der zwischen Glühdraht und Stahlanode übergehende Bogen brennt bei einer Spannung von 55 Volt, einem Druck

von etwa $2 \cdot 10^{-3}$ mm Hg und liefert bei einem Durchmesser der seitlichen Anbohrung von 1 mm maximal 1,5 mA Ionenstrom. Die Ausbeute an Wasserstoffatomionen ist 20–30 Proz.

Eine Modifikation des Kapillarbogens (Fig. 4) haben Lamar, Samson und Compton (10)

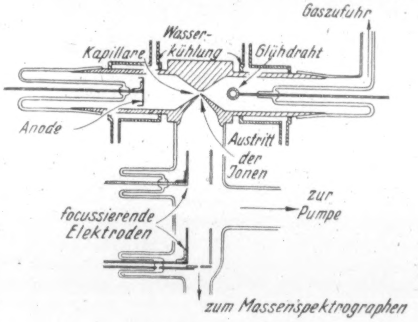


Fig. 4. Kapillarbogen nach Lamar, Samson und Compton.

entwickelt, die dadurch charakterisiert ist, daß die gebildeten Ionen nicht durch ein Hilfsfeld herausgezogen werden, sondern einfach herausdiffundieren. Dieser Umstand erleichtert auch die Fokussierung des Ionenstroms, der hierbei bis zu 4,2 mA stark ist und in einem Strahl von 12 mm Durchmesser konzentrierbar ist.

Eine weitere leistungsfähige Anordnung stammt von Zinn (11), sie ist in Fig. 5 wieder-

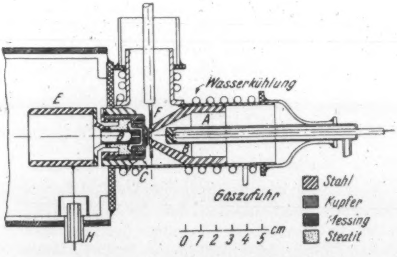


Fig. 5. Kapillarbogen nach Zinn.

gegeben. Zwischen der ringförmigen Glühkathode F und der Anode A brennt durch ein enges Loch des Stahlkörpers B der Bogen mit einer Spannung von 100 Volt. Dicht davor sind zwei Zylinder C und D angeordnet, die in der Mitte eine enge Bohrung tragen. D ist von C isoliert. Zwischen beiden Teilen werden Spannungen bis zu 10 kV angelegt. Durch die 1 mm große Bohrung von D wurde ein Strom von 4,3 mA erzielt. Bei Verwendung von Wasserstoff sind davon 15–20 Proz. Protonen.

Ionenerzeugung durch Kreuzen von Elektronen- und Atomstrahl

Es sei jetzt auf ein Prinzip eingegangen, bei dem ein Atomstrahl mit einem Elektronenstrahl gekreuzt wird. Die an dem Treffpunkt gebildeten Ionen werden senkrecht zu den beiden anderen Richtungen herausgezogen. In aller Ausführlichkeit hat zuerst R. Planiol (12) diese Anordnung behandelt: Fig. 6 zeigt eine schematische Zeichnung derselben. Er stellt sich gleichzeitig die Aufgabe, die Intensität der Ionenquelle möglichst groß zu gestalten. Da einerseits die gebildeten Ionen aus dem Atomstrahl durch ein elektrisches Feld herausgezogen werden müssen, andererseits der Elektronenstrahl nicht zerstört werden soll, wird dieser durch ein der Strahlrichtung der Elektronen paralleles magnetisches Feld von etwa 800 Gauß geführt, wie das z. B. auch schon Bleakney (13) getan hat. Der Glühdraht ist aus Wolfram und in der Form einer ebenen Spirale gewickelt. Im Abstand von etwa 5 mm befindet sich das Beschleunigungsgitter. Es werden verschiedene Arten desselben ausprobiert, darunter auch eins, dessen Stäbe von Wasser durchflossen werden. Zur Herstellung

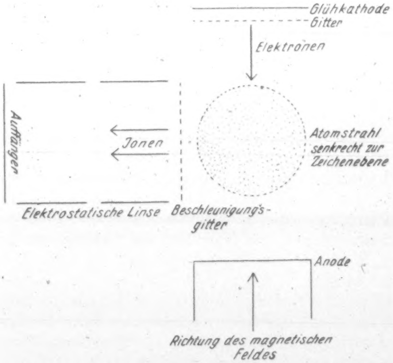


Fig. 6. Schematisches Bild der Ionenquelle nach Planiol.

des Atomstrahls wird in einem Ofen Kadmium verdampft. Bei einer Elektronenenergie von einigen hundert Volt und einer Emission von 300 mA bekommt er 600 μA Ionenstrom, den er auch einigermaßen fokussieren kann. Allerdings ist nicht ganz klar ersichtlich, inwieweit Sekundärelektronenemission das Resultat etwas zu

groß erscheinen läßt. Zwar kann er bis 80 mA Ionenstrom mit seiner Apparatur erreichen, aber die bei so starken Strömen ungeheuer störende Raumladung erschwert das Arbeiten sehr, weil man zu unbequem hohen Spannungen (30 kV) greifen muß, um einigermaßen die Zerstreuung der Ionen zu verhindern. Eine massenspektroskopische Untersuchung der erhaltenen Ionen wird leider nicht durchgeführt. Er benutzt seine Apparatur auch für Wasserstoff und andere Gase. Das ist aber vielleicht nicht so interessant, weil dabei gerade der Vorteil dieser Anordnung, alle Arbeitsvorgänge im Hochvakuum vor sich gehen zu lassen, entfällt.

Eine Quelle, die ähnlich arbeitet, haben Sampson und Bleakney (14) gebaut. Der Ofen besteht aus einem V-förmigen Wolframschiffchen, auf dem Metalle wie *Co*, *Pt*, *Ir* verdampft werden. Dicht über dem Ofen befindet sich ein Kästchen aus Tantalblech, das oben und unten durch ein Platinnetz abgeschlossen ist. Von unten her tritt Metalldampf ein, während durch das obere Netz ein Elektronenstrahl eingeschossen wird. Die in dem feldgeschützten Raum entstandenen Metallionen können durch einen seitlichen doppelten Spalt, der ein Übergreifen der Beschleunigungsspannung auf den Ionenerzeugungsraum verhindert, diesen verlassen. Somit ist die Geschwindigkeit der entstandenen Ionen sehr homogen. Die Ionenstromstärke ist klein entsprechend der Verwendung zur Untersuchung der Häufigkeit der Isotope. Sie mag von der Größenordnung 0,1 μA sein.

Ionenerzeugung durch oszillierende Elektronen

Auf Anregung von L. P. Smith (15) ist eine Ionenquelle konstruiert worden, bei der die Ionisation durch hin und her pendelnde Elektronen bewirkt wird. In der wiedergegebenen Fig. 7 sind die Lochblenden Nr. 1, 2 und 3 positiv gegen die Kathode, die Platten Nr. 4, 5, 6 sind negativ gegen Kathode, und zwar bis zu einigen hundert Volt. Die von der oxydbedeckten Nickelkathode emittierten Elektronen werden nun durch ein magnetisches Feld, dessen Kraftlinien koaxial zu dem Lochblendensystem laufen, geführt, durch die Platten 1, 2, 3 beschleunigt, durch 4, 5, 6 gebremst und dann in entgegengesetztem Sinne beschleunigt und kehren in Kathodennähe zurück, worauf sich der Prozeß wiederholen kann. Zwischen den Blechen 2 und 3 wird Wasserstoffgas zugeführt. Der Gasdruck beträgt etwa $6 \cdot 10^{-4}$ mm *Hg*. Die durch Elektronen und Ionen hervorgerufene Raumladung bewirkt nun, daß von einem gewissen Punkt an, der zwischen den Lochblenden 2 und 3 liegt, die durch Elektronenstoß gebildeten Ionen in Richtung der Platten 4, 5, 6 beschleunigt werden. Von dem Umkehrpunkt der Elektronen ab werden die Ionen divergieren, weil die kompensierende Raumladung der Elektronen fortfällt. Der Verfasser zeigt, daß man

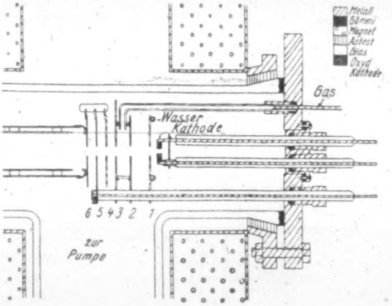


Fig. 7. Ionenerzeugung durch oszillierende Elektronen. Zeichnung in $^1/_4$ natürlicher Größe.

auch dann ein paralleles Ionenbündel erhalten kann, wenn man durch ein geeignetes radiales Feld das von der Ionenraumladung herrührende radiale Feld aufhebt. In der folgenden Tabelle ist der Ionenstrom in Abhängigkeit von der Potentialdifferenz zwischen Platte 1 und Kathode sowie von der Elektronenemission gegeben.

Potentialdifferenz in Volt zwischen Platte 1 und Kathode	Elektronenemission mA	Ionenstrom mA
36	1,2	0,02
40	3,2	0,07
46	20	0,50
52	50	1,3
60	200	4,0
64	450	12
65	3000	150

Schlußbetrachtung

Betrachten wir nun zusammenfassend die verschiedenen Möglichkeiten der Ionenerzeugung, so läßt sich betreffs der Ionenquellen für Kernumwandlungen sagen, daß sie eine Entwicklungsstufe erreicht haben, die einen vorläufigen Abschluß darstellt. Die Inhomogenität der Energie der im Kanalstrahlrohr erzeugten Ionen, die einige tausend Volt beträgt, spielt bei der großen für die Nachbeschleunigung angewandten Spannung keine Rolle.

Man könnte nun alle für Kernumwandlungen gebauten Quellen auch für massenspektroskopische Zwecke verwenden, indem man eine gasförmige Verbindung des Elements benutzt, von

dem man Ionen erzeugen will. Solche Verbindungen mit genügend großem Dampfdruck bei Zimmertemperatur gibt es bei fast allen Elementen. Störend dabei ist, daß alle möglichen Bruchstücke des jeweiligen Moleküls als Ionen auftreten. Bei vielen Elementen sind außerdem gerade die Halogenverbindungen die einzigen, die leicht flüchtig sind; diese aber sind besonders unangenehm durch das in der Entladung gebildete Halogen, das auf die Apparatur korrodierend wirkt. Im Gegensatz hierzu liefert das Verfahren von gekreuztem Elektronen- und Atomstrahl ein sauberes, nur im Hochvakuum arbeitendes Verfahren. Es ist immer benutzbar, wenn man von dem betreffenden Element einen Atomstrahl erzeugen kann. Man kann nun, wenn auch mit einiger Anstrengung, Öfen herstellen, die es gestatten, fast alle Metalle, mit wenigen Ausnahmen wie *Mo, W*, zu verdampfen. Im oben genannten Bericht von Ritschl (1) ist z. B. eine Anordnung zitiert, die es ermöglicht, mit Eisen einen Atomstrahl zu erzeugen. An Hand der Dampfdruckkurven kann man von Fall zu Fall die erforderliche Ofentemperatur feststellen.

Literaturverzeichnis

1) R. Ritschl, Physik. Zeitschr. **38**, 141, 1937.
2) M. Oliphant und Lord Rutherford, Proc. Roy. Soc. **141**, 259, 1933.
3) A. Bouwers, F. Heyn und A. Kuntke, Physica **4**, 153, 1937.
4) W. Bothe und W. Gentner, Zeitschr. f. Phys. **104**, 685, 1937.
5) C. Hailer, Veröffentl. aus d. Siemenskonzern **17**, 3. Heft, 115, 1938.
6) H. R. Crane, C. C. Lauritsen und A. Soltan, Phys. Rev. **45**, 507, 1934.
7) E. S. Lamar und O. Luhr, Phys. Rev. **46**, 87, 1934.
8) G. W. Scott, Phys. Rev. **55**, 954, 1939.
9) M. A. Tuve, O. Dahl und L. R. Hafstad, Phys. Rev. **48**, 241, 1935.
10) E. S. Lamar, E. W. Samson und K. T. Compton, Phys. Rev. **48**, 886, 1935.
11) W. H. Zinn, Phys. Rev. **52**, 655, 1937.
12) R. Planiol, Compt. Rend. **200**, 539 und 730, 1935; Ann. d. Phys. **9**, 177, 1938.
13) W. Bleakney, Phys. Rev. **34** I, 157, 1929.
14) M. B. Sampson und W. Bleakney, Phys. Rev. **50**, 732, 1936.
15) A. T. Finkelstein, Rev. Scient. Instr. **11**, 94, 1940.

Berlin-Dahlem, Max Planck-Institut.

(Eingegangen am 6. März 1941.)

BESPRECHUNGEN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

Bernhard Bavink, Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. XII und 796 S. 92 Abbildungen mit 1 Tafel und Bildnis des Verfassers. Leipzig 1941. Verlag S. Hirzel. Leinen RM 17,—.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich der Physiker philosophischen Erörterungen oder gar philosophischen Systemen gegenüber ablehnend verhält. Den Grund nennt der Verfasser sehr treffend zu Beginn des Werks: Es ist die Anmaßung, durch spekulatives Arbeiten mit leeren Begriffen naturwissenschaftliche Erkenntnisse gewinnen zu wollen, wobei Sätze wie die vom Verfasser angeführte Hegelsche Definition der Wärme herauskommen, die dem Physiker als konzentrierter Unsinn erscheinen. Und doch zwingen gerade die jüngsten physikalischen Erkenntnisse zum Nachdenken über letzte Fragen, wie Raum und Zeit, Kausalität usw. So ist heute durchaus der Boden für eine Naturphilosophie geschaffen, die aber eine umfassende Kenntnis der Einzelwissenschaften voraussetzt. Man wird sagen, daß diese Forderung übermenschlich ist. Nun, der Verfasser des vorliegenden Werkes erfüllt diese Forderung. Das Buch enthält in glänzender Darstellung den heutigen Stand von Physik, Chemie und Biologie. So hat es schon dadurch einen bleibenden Wert, daß der Physiker in knapper Form die Ergebnisse der Biologie kennenlernt und umgekehrt. An sich leistet dies ja auch ein Handbuch der Naturwissenschaften, in welchem jeder Artikel von einem Sachkenner des Gebietes geschrieben ist, aber der einzigartige Reiz dieses Buches liegt darin, daß es von e i n e m Verfasser aus e i n e m Guß geschrieben ist. Von den Ergebnissen der Einzelwissenschaften wird der Leser zu den eigentlich philosophischen letzten Fragen geführt, und hier nimmt der Verfasser nicht mehr einen referierenden, sondern einen eigenen originellen Standpunkt ein. Die Grundeinstellung ist gegen den Positivismus gerichtet, dem er einen „kritischen Realismus" entgegenstellt. Wenn er auch wohl selbst nicht hoffen dürfte, daß der Positivismus widerlegbar sei, so könnte er wahrhaftig manchen ausgekochten Positivisten mit seinen historischen und praktischen Argumenten bekehren, wenn er z. B. vor Augen führt, wie zu Zeiten von Ostwald und Mach die Atome allenfalls als Hilfsvorstellungen gelten durften, mit denen sich aber ein Physiker von Ansehen möglichst wenig kompromittieren sollte — und heute? Hier wagt er den Satz: „Daß gerade in jenen hypothetischen, auf spekulativem Weg gefundenen Elementen der erklärenden Theorien die eigentlichen Erkenntniswerte der gesamten Naturwissenschaft stecken und daß die Erkenntnis, daß die Stoffe aus Atomen aufgebaut sind, hundertmal wichtiger ist als alle ‚Folgen des Bildes' wie das

Dulong-Petitsche Gesetz." Der Standpunkt des Verfassers ist, das muß man zugeben, gegenüber dem resignierenden Positivismus ermutigender: er ist überzeugt, daß es eine absolute Wahrheit gibt, der sich nach Lichtenberg die Forschung asymptotisch nähert. Als ein sehr beachtenswertes Argument wird die Konvergenz der Forschung, wie sie sich am eindrucksvollsten gerade bei den Zahlwerten für die Grundkonstanten der Physik kündtut, angeführt. Aber nicht nur zu den Grundfragen der Physik, sondern auch zu denen der Biologie und des praktischen Lebens selbst wird Stellung genommen. Kein Problem wird umgangen bis zur Frage der Vernichtung lebensunwerten Lebens, bei der an einem erschütternden Beispiel gezeigt wird, daß der Richter in vielen Fällen nicht ethisch und nicht juristisch, sondern biologisch zu urteilen hat und dementsprechend vorgebildet sein muß. An unbestrittenen Beispielen wird die Verknüpfung von Genie und Irrsinn widerlegt. Robert Mayer stellt einen Einzelfall dar, der allerdings auch nicht durch die anfängliche Ablehnung zu erklären ist, denn viele andere, die bei Lebzeiten nicht die volle Anerkennung fanden, haben dies nicht zum Anlaß seelischer Erkrankung genommen, sondern sind ihren Weg ruhig im Bewußtsein des Geleisteten gegangen, gewiß, daß sich die gefundene Wahrheit, wenn sie eben eine ist, zuletzt von selbst durchsetzen muß". (Übrigens ist der zum Schutzheiligen aller verkannten Genies erkorene R. M. nicht, wie vielfach behauptet wird, den Märtyrerfreitod gestorben, sondern nach Jahren der Anerkennung einer Lungenentzündung erlegen.)

Das Buch gehört zu den großen Erscheinungen unseres Schrifttums. Warum hat es nicht die sensationelle Wirkung mancher anderer philosophischer Bücher? Weil es nicht vom Zusammenbruch der Naturwissenschaft faselt, sondern ein gewaltiges Gemälde unseres Wissensstandes vor Augen führt. Dafür hat es aber im Gegensatz zu jenen Eintagsfliegen die 6. — übrigens völlig umgearbeitete und erweiterte — Auflage erlebt, und dies tapfere Buch wird weiterleben, solange es Menschen gibt, die über ihr Fachgebiet hinaus einige stille Stunden dem Nachdenken über die letzten Fragen der Wissenschaft widmen können.

Joos

G. Masing, Grundlagen der Metallkunde in anschaulicher Darstellung. 127 S. u. 121 Abbildungen. Berlin 1940. Verlag von Julius Springer. Geh. RM. 8,70, geb. RM. 9,60.

In den letzten Jahren ist eine Menge von Büchern erschienen, in welchen Fragen der Metallkunde bis in ihre letzten technischen und wissenschaftlichen Einzelheiten behandelt werden. Sie alle setzen mehr oder weniger stillschweigend die Kenntnis der grundlegenden Tatsachen des Gesamtgebiets voraus. So füllt das vorliegende Buch eine wirkliche Lücke aus, indem es eine „Naturbeschreibung der Metalle und Legierungen" darbietet, die sich in anschaulicher, vielfach auf das Experiment unmittelbar zurückgehender Fassung an die weiten technischen und naturwissenschaftlichen Kreise wendet, die sich heute mit Fragen der Metallkunde befassen müssen oder wollen. Etwa die Hälfte des Umfangs ist der Phasenregel und Aufbaulehre gewidmet, weitere Kapitel befassen sich mit plastischer Verformung, Eigenspannungen, Rekristallisation und Korrosion. Dem Zweck des Buchs entsprechend wird die Frage nach dem Warum kaum angeschnitten. Um so geheimnisvoller klingt es, wenn ein besonderer Abschnitt der Feststellung gewidmet ist, daß die Theorie der Verfestigung bisher noch nicht quantitativ durchgeführt werden konnte und daher der Beweis für die Richtigkeit der darüber gebildeten atomistischen Vorstellungen nicht erbracht sei. Da, wie im ganzen Buch, keine Literatur angegeben ist, kann man nur vermuten, daß der Verfasser die neueren Arbeiten über dieses Gebiet nicht genügend kennt; die dort gefundene quantitative Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist so gut, wie es bei atomistischen Rechnungen im Gebiet der festen Körper überhaupt erwartet werden kann. Auch die Bemerkung an anderer Stelle, daß die Translationsflächen bei der Gleitung von Einkristallen außerordentlich „glatt" seien, läßt sich kaum irgendwie mit den neueren Vorstellungen über den Atomismus der Gleitung und Verfestigung, insbesondere dem Einfluß der inneren Kerben vereinbaren. Im übrigen enthält das Buch so viele interessante und ausgezeichnet dargestellte Dinge, daß es nicht nur der Anfänger, wenn er überhaupt geneigt ist, sich in Einzelheiten einer Stoffklasse zu vertiefen, sondern auch der Spezialist mit Vergnügen lesen wird.

U. Dehlinger

M. Mehmel, Nomogramme zum Mineralbestimmen mit Röntgenstrahlen. 13 Tafeln, 28 Seiten Text. (Text ist entnommen aus den Fortschritten der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie **23**, 1939.) Berlin 1939. Verlag Gustav Fischer, Jena. In Mappe RM 7,50.

Die Nomogramme stellen Umzeichnungen von Debye-Scherrer-Aufnahmen der petrographisch wichtigen Mineralien Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Augit, sowie einer Reihe von Mineralien, die in Sedimenten, insbesondere Tonen, vorkommen, dar. Als Abszissen sind log sin $\vartheta/2$ (ϑ = Beugungswinkel), als Ordinaten die geschätzten Intensitäten der Beugungskurven eingetragen. Für jedes Mineral ist je ein Nomogramm für die $K\alpha$-Strahlung von *Cu*, *Fe* und *Cr* entworfen. Da sich die log sin $\vartheta/2$ für verschiedene Wellenlängen nur um additive Konstanten unterscheiden, hätte für jedes Mineral auch ein einziges Nomogramm nebst einer für alle Nomogramme verwendbaren log sin $\vartheta/2$-Skala genügt. Daß trotzdem bei mehreren Mineralien merkliche und zum Teil beträchtliche Abweichungen zwischen den drei Nomogrammen auftreten, kann nur auf mangelhafte Beschaffenheit der den Nomogrammen zugrunde gelegten Pulverdiagramme zurückgeführt werden.

In einem Röntgendiagramm sind die Beugungskurven um so zahlreicher und folgen um so dichter aufeinander, je größer der Beugungswinkel ϑ ist. Durch die Wahl des log sin $\vartheta/2$ zur Abszisse werden die Kurven für große ϑ im Verhältnis zu denen für kleine ϑ noch viel stärker zusammengedrängt. Dadurch werden Einheits-Nomogramme für chemisch und folglich auch strukturell stark variable Mineralien, wie es die meisten gesteinsbildenden

sind, geschaffen, denn die Variationen machen sich hauptsächlich in den Interferenzen unter großen Beugungswinkeln bemerkbar. Menzer

dem direkt interessierten Praktiker wertvolle Dienste leisten. E. Fischer

Karl Ernst Schwarz, Elektrolytische Wanderung in flüssigen und festen Metallen. 95 Seiten. 62 Abbildungen. Leipzig 1940. Johann Ambrosius Barth. Geb. RM 9,60.

Für die vorliegende Darstellung über die elektrolytische Wanderung in flüssigen und festen Metallen ist kennzeichnend, daß der Verfasser an seine Aufgabe hauptsächlich als kritisch eingestellter Experimentator herangegangen ist. Nach einem einleitenden Kapitel I „Grundlegende Tatsachen und Beziehungen" bringt Kapitel II „Einiges über Wärmeleitung" wichtige Betrachtungen über die bei Elektrolysenexperimenten zu berücksichtigenden Fehlerquellen mit gebrauchsfertigen Fehlerabschätzungsformeln für einige typische Versuchsanordnungen, so daß in den beiden folgenden Kapiteln III, „Die experimentellen Methoden der Untersuchung flüssiger Legierungen", Kapitel IV, „Überführungserscheinungen in festen Metallen" eine kritische Besprechung der einzelnen Meßmethoden und der damit erzielten Ergebnisse ermöglicht wird. Besonders eingehend werden Messungen an flüssigen Legierungen (Amalgamen) behandelt (Überführungsversuche, Messung von Diffusionspotentialen, direkte Messung der Wanderungsgeschwindigkeit), da hier ein gewisser Abschluß erreicht ist, wobei der Verfasser selbst wesentliche Beiträge geliefert hat. Bei den festen Legierungen werden nach kurzer Erklärung der Mechanismen die Selbstdiffusion und Selbstüberführung besprochen und dann eingehender Meßergebnisse der Fremdüberführung an einigen wichtigen Systemen diskutiert. Kapitel V, „Theoretische Behandlung der Wanderungserscheinungen in metallischen Systemen" beschränkt sich entsprechend der experimentellen Grundhaltung auf eine kurze Übersicht, die besonders bezüglich der festen Legierungen das Vorhandensein von ausführlichen und in größerem Zusammenhang stehenden Darstellungen (W. Jost, W. Seith) berücksichtigt.

Das Buch dürfte wegen seiner kritischen Behandlung der experimentellen Methoden besonders

M. Straumanis und A. Ieviņš, Die Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten nach der asymmetrischen Methode. V und 106 Seiten. 36 Abbildungen. Berlin 1940. Verlag Julius Springer. Brosch. RM 9,60.

Zur Erhöhung der Genauigkeit von Gitterkonstantenbestimmungen haben die Verfasser eine neue Methode entwickelt, deren wesentliches Merkmal darin besteht, daß auf dem Beugungsdiagramm die Durchstoßpunkte des Primärstrahls bei dessen Ein- und Austritt durch den Filmzylinder bestimmt werden. Das geschieht bei Pulveraufnahmen durch Feststellung der Mittelpunkte der annähernd kreisförmigen Beugungskurven für sehr große und sehr kleine Beugungswinkel, bei Drehkristallaufnahmen durch Aufsuchen der Mitten zwischen entsprechenden, symmetrisch liegenden Interferenzflecken. Die Methode erreicht allerdings die angegebene hohe Genauigkeit nur bei kristallinen Substanzen, die sehr scharfe Beugungskurven liefern, und bei äußerst vorsichtiger Arbeit. Der Einfluß der ungleichmäßigen Filmschrumpfung auf das Auswertungsergebnis wird nach Ansicht des Referenten unterschätzt.

Über die Methode haben die Verfasser seit 1935 in zahlreichen Veröffentlichungen berichtet. Die vorliegende Broschüre bringt eine zusammenfassende und sehr ausführliche Darstellung der Methode. Eingehend behandelt ist außerdem die Herstellung und Montierung der Präparate, die Indizierung und Auswertung der Beugungsdiagramme (einschließlich der Weißenberg-Methode) und die Anwendung des reziproken Gitters für die Indizierung. Der Abschnitt über das reziproke Gitter enthält einige Unklarheiten und Irrtümer. Falsch ist z. B. die Definition der „Ausbreitungskugel".

Die sorgfältige Beschreibung der technischen Einzelheiten macht das Büchlein für jeden wertvoll, der sich mit sauberem Messen von Gitterkonstanten zu befassen hat. Es wird aber auch zu mancher unnötigen und unkritischen „Präzisionsbestimmung" verleiten und die Literatur um manchen Gitterkonstantenwert mit zwei oder drei falschen Dezimalen bereichern. Menzer

Vorlesungsverzeichnis für das Sommersemester 1941

Technische Hochschule Aachen. N. N.: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium, 4 und 2, für Vorgeschrittene, 4; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fucks und Nacken), nach Vereinbarung. — Fucks: Theorie der Elektrizität, 3; Rechnerische Übungen zur theoretischen Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 2; Theorie des Elektrons, 1; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2. — Kirschbaum: Photographie II, 1, Übungen, 2. — Nacken: Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1; Strahlenkunde, 1. —

Universität Berlin. Gerthsen: Experimentalphysik für Naturwissenschaftler: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, für Mediziner, 3; Atombau und periodisches System der Elemente, 1 *g*; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Kneser und Meixner), 2; Physikalisches Anfängerpraktikum, 7; Physikalisches Praktikum für Mediziner, $3^1/_2$; Anleitung zu selbständigen Arbeiten (Doktoranden) (mit Kneser), tägl. — **Kneser:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Aufbau der Materie, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 8. — **Landt:** Experimentalphysik II für Mediziner: Elektrizität und Optik, 3; Physikalisches Meßpraktikum für Mediziner,

2; Selbständige physikalische Arbeiten, tägl. — **Meixner**: Theoretische Physik III: Elektrodynamik, 4. — **Flügge**: Die mathematischen Hilfsmittel des Naturwissenschaftlers, 2, Übungen, 1. — **Kolhörster**: Höhenstrahlung, 1; Besprechungen von Arbeiten über Höhenstrahlen und Kernphysik (mit Philipp und Flügge), 2 *g*; Arbeiten über Höhenstrahlung, tägl.; Luftelektrizität und die elektrische Erdladung, 1. — **Gehrcke**: Ausgewählte Gebiete der Optik II, 1. — **Justi**: Temperaturmessung und Kalorimetrie, 1, Übungen, 1; Metallphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Kiebitz**: Physikalische Grundlagen der drahtlosen Telegraphie, 1 *g*. — **Skaupy**: Stoffkunde für Physiker, Chemiker und Mediziner: Materialkunde und Materialprüfung, 1. — **Schüler**: Ausgewähltes aus der Physik der Moleküle, 2; Spektroskopisches Praktikum, 4; Atomphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. — **Philipp**: Einführung in die Physik des Atomkerns, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in der Kernphysik, tägl. — **Mattauch**: Massenspektrographie und ihre Anwendung auf Probleme der Atom- und Kernchemie, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in der Kernphysik, tägl. — **Menzer**: Kristalloptik, 1. — **Schreiber**: Wissenschaftliche Photographie, 1. — **Hinderer**: Elektrische Gasentladungen, 2. — **Schulze**: Technik der optischen Strahlenmessung einschließlich Photometrie, 1. — **v. Weizsäcker**: Grundlagen der statistischen Mechanik, 1. — **v. Auwers**: Magnetische Eigenschaften der Materie, 1. — **v. Laue**: Seminar für mathematische Physik (mit Dinghas und Meixner), 2; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Schumann**: Physikalisches Praktikum, nach Vereinbarung: Wehrphysikalische Arbeiten (Doktoranden), tägl.; Sprengstoffphysikalische und theoretisch-ballistische Forschungsarbeiten, tägl. — **Friedrich**: Radiologisches Praktikum: Licht, Röntgen, Radium (mit Schreiber), nach Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Strahlenforschung (mit Risse, Schreiber und Schulze), tägl. außer Sonnabend. — **Brandt**: Physikalische Experimentierübungen mit schulgerechten Hilfsmitteln (mit Moeller und Schütt), 2 *g*. — **Zistler**: Praktische Wetterkunde I, 2; Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium (mit Defant, Bartels und Ertel), 2 *g*; Allgemeine Meteorologie I, für Wehrmachtsmeteorologen, 3, Übungen, 2. — **Robitzsch**: Aerologie I, 1; Leitung eigener Arbeiten, tägl. außer Sonnabend *g*. — **Kölzer**: Akustik der Atmosphäre, mit Lichtbildern, 1. — **Kähler**: Einführung in die Wolken- und Gewitterkunde, 1; Übungen aus dem Gebiet der Meteorologie, atmosphärischen Elektrizität und Strahlung, 2; Übungen für Fortgeschrittene, tägl. — **Stumpff**: Vektorrechnung für Geophysiker und Metorologen, 2. — **Knoch**: Allgemeine Klimakunde, 1; Anleitung zu meteorologisch-klimatologischen Arbeiten, nach Vereinbarung *g*. — **Ertel**: Leitung theoretisch-meteorologischer Arbeiten, nach Vereinbarung *g*; Differentialgleichungen der Physik und Geophysik für Wehrmachtsmeteorologen, 3, Übungen, 2; Theoretische Physik I, für Wehrmachtsmeteorologen, 3, Übungen, 2. — **Rößiger**: Geophysikalisches Praktikum, 2; Anleitung zu Forschungsarbeiten, tägl. — **Defant**: Allgemeine Meereskunde, 2; Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend *g*; Einführung in die Ozeanographie für Wehrmachtsmeteorologen, 2. — **Möller**: Arbeitsgemeinschaft über Hydrographie: Seen und Flüsse, nach Vereinbarung *g*; Praktische hydrographische Übungen, 1 Tag. — **Bartels**: Praktische Anwendung der Differential- und Integralrechnung in der Geophysik, mit Übungen für Wehrmachtsmeteorologen, 4. — **ten Bruggencate**: Spektroskopische Hilfsmittel und Methoden der Astrophysik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiet der Sonnenphysik, tägl. —

Technische Hochschule Berlin. Geiger: Experimentalphysik III, für Fortgeschrittene, 2; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene (mit Haxel), 8; Anleitung zu Forschungsarbeiten, Diplom- und Doktorarbeiten, tägl.; Theorie der Elektrizität, 3; Übungen in der theoretischen Physik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Haxel), 2 *g*. — **Westphal**: Physikalische Übungen II, 4, Ergänzungen, 2. — **Haxel**: Mechanik für Physiker I, 2, Übungen, 2. — **Oberdorfer**: Grundlagen der Elektrotechnik II, 2. — **Kömmnick**: Ausgewählte Kapitel der technischen Physik, nach Vereinbarung; Physikalisch-technisches Praktikum, nach Vereinbarung; Seminar für Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der technischen Physik und Ballistik, nach Vereinbarung; Ballistik III: Theorie, nach Vereinbarung; Physikalisch-technische Forschungsarbeiten: Diplom- und Doktorarbeiten, tägl. — **Picht**: Physikalische Optik: Interferenz, Beugung, Metalloptik, Kristalloptik, 2, Übungen, nach Vereinbarung. — **Mönch**: Ausgewählte Teile der Elektronentheorie: Vergleich mit experimentellen Feststellungen, 1; Anleitung zu Forschungsarbeiten, tägl. — **Hertz**: Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl. — **Ramsauer**: Physikalisch-technische Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Schachenmeier**: Ausgewählte Probleme der theoretischen Physik, 1; Allgemeine Meßtechnik, 2. — **Nikuradse**: Elektronen- und Ionenlehre, 3. — **Knoll**: Röhrentechnik II, $1^1/_2$; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten aus dem Gebiete der Röhrentechnik, nach Vereinbarung. — **Mierdel**: Elektrische Gasentladungen I (Theorie), nach Vereinbarung; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Gasentladungen, nach Vereinbarung. — **Cauer**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Elektrotechnik, 2. — **Frerchis**: Besprechung neuerer physikalischer Experimente, 1. — **Hofmann**: Röntgen-Strukturuntersuchungen I, 2, II, 2. **Weidert**: Geometrische Optik I, 2, Übungen, 2 *g*; Seminar für optisches Rechnen I, 2; Theorie und Wirkungsweise der optischen Instrumente I, 2; Übungen, 4; Optische Laboratoriumsarbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Lichtkundliche Übungen: Lichttechnik, optische Instrumente, Photographie (mit Arndt und Stenger), 2; Optisches Kolloquium (mit Picht), $1^1/_2$. — **Schmehl**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Beobachtungsfehler, 1. —

Technische Hochschule Braunschweig. **Cario**: Experimentalphysik II: Mechanik, Wärme, Akustik und Molekularphysik, 3; Höhere Experimentalphysik IV, 2; Physikalisches Praktikum I und II, 8; Seminar über Atomphysik (mit Stille), 14tägig, 2; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, tägl. — **Diesselhorst**: Physikalisches Kolloquium (mit Cario, Lübcke und Stille), 14tägig, 2 *g*; Anwendungen der Elektrizitätstheorie, 2. — **Bergwitz**: Radioaktivität II (Anwendungen), 1, Übungen, 2; Röntgenstrahlen (Anwendung), 1. — **Lübcke**: Physikalisch-technische Arbeiten im Laboratorium, tägl.; Schalltechnik, 14tägig, 2; Technische Akustik II, 14tägig, 2,

Übungen, $1^3/_4$. — **Stille**: Theoretische Physik II: Optik, 2, Übungen, 2; Einführung in die Quantenphysik II, 1. — **Hübner**: Einführung in die Spektralanalyse, 1. —

Universität Breslau. **Schaefer**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Mediziner, 4, für Fortgeschrittene (mit Steubing), tägl. — **Steubing**: Elektrische Entladungen in Gasen, 1; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Meßtechnik, 1; Übungen in der Ausführung physikalischer Experimente im Schulunterricht (mit Kliefoth), 2. — **Fues**: Theoretische Physik: Wärmelehre, 4, Übungen, 3. — **Jüttner**: Einführung in die theoretische Physik, 2. — **Kliefoth**: Schulphysik II: Ausgewählte Abschnitte aus Magnetismus, Elektritität, Optik, 1; Physik des Fliegens, 1. — **Mintrop**: Angewandte Geophysik, 1, Übungen, 2. — **Bergmann**: Hochfrequenz, Praktikum, 2. —

Technische Hochschule Breslau. **Bergmann**: Experimentalphysik II, 8; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schuster), 3, für Bauingenieure, 2, für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Schaefer), 2; Physikalisches Seminar (mit Schuster), 2; Besprechung, 3. — **Fues**: Theoretische Physik: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Seminar über Fragen der theoretischen Physik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Bergmann, Schaefer und Steubing), 2. — **Schuster**: Akustische Meßtechnik, 2. —

Technische Hochschule Brünn. **Lohr**: Experimentalphysik II, 3; Physikalisches Praktikum, 8; Physikalisches Kolloquium, 1. —

Technische Hochschule Danzig. **Buchwald**: Maxwellsche Theorie, 3, Übungen, 1; Neuere Quantentheorie, 2; Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Übungen zur Atomphysik, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene I (mit Kossel), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kossel), 1 *g*. — **Kossel**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 4, Ergänzungen, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 4 und 3; Ausgewählte Fragen aus der Physik der festen Körper, 1; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene II, tägl., für fortgeschrittene Elektrotechniker, 4; Besprechungen laufender physikalischer Arbeiten, 3 *g*; Handfertigkeitspraktikum, 4; Demonstrationspraktikum, nach Vereinbarung. — **Fromm**: Mechanik IV: Festigkeitslehre und Werkstoffkunde, 2, Übungen, 2, Ergänzungen, 1, Übungen, 1; Sonderkapitel der Festigkeitslehre, 2; Festigkeits- und Elektrizitätsberechnungen, 2; Seminar für Mechanik (mit Ackermann, Cranz, Kleinwächter, Martyrer, Waltking), 14tägig, 2 *g*; Metallkunde I, 1, Übungen, 1; Werkstoff- und Festigkeitsprüfungen, 4; Größere selbständige Arbeiten, 12. — **Waltking**: Mechanik III: Dynamik, 2, Übungen, 1, Ergänzung, 1, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der höheren Dynamik, 2; Vorübungen zur Statik I, 1; Statik der Tragwerke II, 3, Übungen, 2. — **König**: Einführung in das kleine physikalische Praktikum, 1; Photographisches Praktikum, 4; Ferromagnetismus II, 1. — **Hass**: Röntgenspektroskopie, 1. —

Technische Hochschule Dresden. **Stuart**: Experimentalphysik II: Elektrizität, 4; Physikalisches Praktikum I, 3, 6, II, 9; Selbständige Arbeiten im Physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Falkenhagen und Wiedmann), 14tägig, 2 *g*. — **Falkenhagen**: Theoretische Physik: Wärme, 3, Übungen, 1; Klassische Statistik uud kinetische Gastheorie, 1; Größere ~~physikalische Arbeiten~~, tägl. — **Wiedmann**: Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Lichtelektrizität, 1; Röntgentechnische und spektroskopische Übungen: Roh- und Werkstoffprüfung, 3 und 6; Selbständige Arbeiten im Röntgenlaboratorium, tägl. — **Teichmann**: Die elektrische Bildübertragung und ihre Anwendungen: Fernsehen, Bildwandler, 14tägig, 2. — **Fleischer**: Physikalische Meßmethoden (Ergänzung zum physikalischen Praktikum), 2. — **Schulze**: Ergebnisse der modernen Physik, 1; Aufbau des festen Körpers mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Bindung, 1; Physikalisches Proseminar, 1. — **Frieser**: Grundlagen der Photographie, 2; Reproduktionstechnik, 1, Übungen, 2; Photographisches Praktikum I für Anfänger, 4, II für Fortgeschrittene, 4, III, besonders photographische Verfahren und Anwendung der Photographie: Farbenphotographie usw., 4; Selbständige Arbeiten im Photographischen Institut, 2, 4, halb- und ganztägig; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie, 1 *g*. — **Klughardt**: Einführung in die praktische Optik II: Die Fernrohre und Mikroskope, mit praktischen Übungen, 2, III: Die photographischen Objektive, 1. — **Joachim**: Ausgewählte Kapitel der Kinematographie, 1. — **Goldschmidt**: Allgemeine Meteorologie II, 2 *g*; Einführung in die Meteorologie, 2. — **Günther**: Geschichte des mathematisch-physikalischen Unterrichts, 2 *g*; Praktisch-pädagogisches Seminar, 2 *g*. —

Universität Erlangen. **Hilsch**: Optik für Naturwissenschaftler und Pharmazeuten, 2; Physikalische Übungen für Mediziner, 2, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 8; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Hönl), 14tägig, 2 *g*; Kolloquium oder neuere physikalische und physikalisch-chemische Arbeiten (mit Hönl, Lange und Rump, 1 *g*. — **Rump**: Röntgenkunde, 1 *g*. — **Hönl**: Mechanik, 3, Übungen, 2 *g*; Elektronentheorie der Metalle, 1 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. —

Universität Frankfurt a. M. **Czerny**: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Akustik, 3, Ergänzungen, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Madelung), 14tägig, 2; Physikalisches Praktikum für Physiker, 6, für Mediziner, 2, für Chemiker, 4, für Pharmazeuten (Anfänger), 2, für Fortgeschrittene, 8; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Madelung**: Mechanik Kontinua, 4, Übungen, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Seddig**: Physik der Nachrichtenmittel, 2; Praktikum der angewandten Physik, 3; Kleines elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), 3 und 6; Großes elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), 3 und 6; Großes elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), nach Vereinbarung; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit O. Schäfer), tägl.; Kolloquium über angewandte Physik (mit O. Schäfer), 14tägig, nach Vereinbarung. — **O. Schäfer**: Wechselstromtechnik, 3. — **Schulz**: Ausgewählte Kapitel der instrumentellen Optik, 1; Refraktionsanomalien und ihr Ausgleich, 1. — **Rajewsky**: Biologische Strahlenwirkungen, 1; Me-

dizinische Strahlenheilkunde (mit Holfelder), $1^1/_2$; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit H. Schaefer), ganz- und halbtägig; Biophysikalisches Seminar: Biologische Strahlenwirkungen (mit H. Schaefer), 14tägig, 2; Biophysikalisches Kolloquim (mit H. Schaefer und Krebs), 2; Seminar über die Radiumbalneologie (mit Krebs), 14tägig, 2. — **H. Schaefer:** Physik und Technik der elektrischen Höchstspannungen, 1. — **Krebs:** Das Mikroskop und seine Anwendungen, 1. — **Linke:** Konstitution der hohen Atmosphäre, 2; Meteorologische Tagesfragen, 1; Meteorologisches Kolloquium (mit Möller), 2; Leitung selbständiger Arbeiten, halbtägig. — **Möller:** Seismik, 2; Rechnerische und graphische Methoden in Meteorologie und Geophysik, 2; Leitung selbständiger Arbeiten, halbtägig. —

Universität Freiburg i. Br. **Steinke:** Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre und Optik, 4 und 3, Ergänzungsstunde, 1; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner, 2, für Pharmazeuten, 2; Handfertigkeitsübungen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Mecke), 14tägig, 1 *g*. — **Plötze:** Höhere Experimentalphysik II: Atom- und Kernphysik, 3; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 6. — **Sommermeyer:** Magnetismus und Atombau, 1. — **Mecke:** Theoretische Physik II: Wärme, 4; Übungen und Seminar, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. *g*. —

Universität Gießen. **Cermak:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 4 und 3; Physikalisches Praktikum für Physiker und Naturwissenschaftler, 6, für Chemiker, 3, für Mediziner und Veterinärmediziner, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, ganz- und halbtägig; Physikalisches Kolloquium (mit Bechert und Fünfer), 14tägig, 2; Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Beugung und Interferenz, 2; Handfertigkeitspraktikum, 2; Seminar für Lehramtskandidaten, nach Vereinbarung; Meteorologie: Synoptische Meteorologie, 1. — **Bechert:** Wellenmechanik, 3. — **Fünfer:** Röntgenstrahlen, 2; Einführung in die Kernphysik, 1. — **Lihotzky:** Grundlagen der angewandten Optik, 1 *g*. —

Universität Göttingen. **Pohl:** Experimentalphysik III: Elektrizität und Optik, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Becker, Joos und Reich), *g*. — **Mollwo:** Experimentalphysik IV: Elektrizität und Optik, 2. — **Joos:** Höhere Mathematik für Physiker II, 4; Erläuterung zum physikalischen Praktitum, 1 *g*; Physikalisches Praktikum, 9, für Mediziner (mit Hanle), 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Hanle:** Gasentladungen, mit Vorführungen, 2. — **Hellwege:** Kristallphysik, 2. — **Becker:** Optik aller Wellenlängen, mit Übungen, 4; Seminar zur theoretischen Physik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Döring:** Spezielle Probleme der theoretischen Physik, 1. — **N. N.:** Neueste Fortschritte der angewandten Elektrizität, mit Experimenten, 2; Elektrophysikalisches Praktikum, 3; Seminar über angewandte Elektrizität, 1 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Küstner:** Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenphysik, tägl.; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf physikalisch-medizinischem Grenzgebiete, tägl. — **Prandtl:** Einführung in die Thermodynamik, 4; Besprechung von Fragen der angewandten Mechanik, einschließlich der Aerodynamik und Hydrodynamik (mit Betz, Schuler und Görtler), 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiet der Aerodynamik und Hydrodynamik, tägl. — **Betz:** Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Schuler:** Theorie und Anwendung des Kreisels, 4, Übungen, 2; Mechanik-Praktikum, 4; Seminar über Fragen der angewandten Mechanik, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Mechanik, tägl. — **Angenheister:** Aufbau und Bewegungen in der Erdrinde: Erdbeben, Geomechanik, 2; Meteorologie I, 2; Geophysikalisch-meteorologisches Praktikum, $3^1/_2$; Wetterkunde für Forstwirte, 2; Anleitung zu wissenschaftschaftlichen Arbeiten, tägl.

Universität Graz. **Rumpf:** Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 6; Physikalische Übungen für Anfänger I, 6, II, 9; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Matossi), tägl. außer Sonnabend; Besprechung physikalischer Fragen (mit Matossi, Wessel und Székely), 1. — **Matossi:** Einführung in die Experimentalphysik I, 2, Ergänzungen, 3; Wärmestrahlung, 1. — **Székely:** Physikalisches Rechnen, 1. — **Wessel:** Theorie des Lichts, 4, Übungen, 2; Quantenmechanik: Spin und Mehrkörperproblem, 2; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl.; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Matossi und Borgnis), 2. — **Lindinger:** Niedere Geodäsie: Einführung in die Fehlerrechnung, Geodätische Instrumente, 2. — **Wegener:** Die Meßmethoden der Meteorologie, 1; Die Wetterberatung, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Geophysik, 2. — **Letzmann:** Spezielle Meteorologie, 2; Übungen für Hörer der Aerologie, 1. —

Technische Hochschule Graz. **Kohlrausch:** Physik I, 4, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2. — **N. N.:** Photographie, I, Übungen, 2. —

Universität Greifswald. **Seeliger:** Experimentalphysik I: Mechanik und Wärme, 5 und 4; Theorie der Elektrizität, 3, Übungen, 14tägig, 2; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Kolloquium (mit Reinkober), 2 *g*. — **Reinkober:** Physikalische Grundlagen der Lichttechnik, 1; Seminaristische Übungen zur Physik, 2; Einführung zum physikalischen Praktikum für Naturwissenschaftler, 1; Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. —

Universität Halle. **Kast:** Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3, Ergänzungen, 2; Dipolmoment und Molekülstruktur, 1; Technisch-physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 6; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten (mit Pose und Faeßler), tägl.; Physikalisches Kolloquim (mit Smekal), 2 *g* — **Smekal:** Optik, 4, Übungen, 1; Röntgenspektren und chemische Bindung, 1; Seminar für theoretische Physik, nach

Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl. — **Pose**: Physikalische Optik, 3. — **Faeßler**: Kristalle und Röntgenstrahlen: Röntgenspektroskopie und Kristallstrukturanalyse, 2. —

Universität Hamburg. **Koch**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, $2^1/_4$; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler (mit Goos, Meyer und Müller), 4, für Mediziner, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Tams, Goos und Meyer), tägl. — **Meyer**: Ergänzungen zur Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, $^3/_4$; Physikalisches Proseminar (mit Knauer). 2. — **Goos**: Elektronenmikroskopie, 1. — **Lenz**: Thermodynamik, mit Übungen, 4. — **Jensen**: Einführung in die Quantentheorie, 2. — **Harteck**: Physikalisches Kolloquium (mit Lenz und Möller, 2; Besprechungen neuerer kernphysikalischer Arbeiten (mit Knauer, Jensen und Groth), 1. — **Müller**: Anleitung zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen, 2. — **Möller**: Mechanik und Festigkeit, mit Versuchen, 1, Übungen, 1; Flugtechnik, 1; Physikalisch-technisches Kolloquium (mit Hagen), 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Döhler), 10; Selbständige Arbeiten Fortgeschrittener (mit Hagen und Döhler), tägl. — **Hagen**: Grundlagen der Fernbildübertragung, 1. — **Tams**: Theorie und Konstruktion der Seismographen, 2; Seismische Übungen, 2; Seminar über die Physik der festen Erde, 14tägig, 2; Geophysikalisches Kolloquium (mit Raethjen, Kleinschmidt, Schulz, Kuhlbrodt, Errulat, Seilkopf), 14tägig 2. — **Errulat**: Physik der hohen Stratosphäre, 2. — **Raethjen**: Allgemeine Meteorologie, 4, Übungen, 2; Meteorologisches Praktikum (mit Wichmann), 2; Besprechung meteorologischer Arbeiten und Probleme, 2. — **Kuhlbrodt**: Spezielle Klimatologie der Ozeane und von Europa und Afrika, mit Übungen, 3. — **Semmelhack**: Kolonialklimatologie: Deutsch-Ostafrika, mit Übungen, 1. —

Technische Hochschule Hannover. **Hase**: Experimentalphysik, 3. — **v. Meyeren**: Physikalisches Praktikum I, II, III (mit Hinzpeter), 4; Arbeiten im Laboratorium für Fortgeschrittene, halb- und ganztägig; Theoretische Optik, 3, Übungen, 1. — **Hinzpeter**: Physik für Tierärzte: Mechanik, Akustik, Wärme, mit Experimenten, 2; Die künstliche Umwandlung der Atome, 1. —

Universität Heidelberg. **Becker**: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 3; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Selbständige physikalische und physikalisch-technische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend, Physikalisches Seminar (mit Wesch), 14tägig, 2; Physikalisches, physikalisch-chemisches, mathematisches Kolloquium (mit Wesch, Fischbeck, Wegner und Fleischmann), 14tägig 2. — **Wesch**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3; Radiologie: Das Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen, Eigenschaften und Anwendung, 2; Funktechnik: Fernsehen, mit Experimenten, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Fleischmann**: Periodisches System der Elemente vom Standpunkt des Physikers, 1. — **Stehberger**: Physikalische Meßtechnik II: Kalorische und optische Meßmethoden, 1. — **Bothe**: Kolloquium über naturwissenschaftlich-medizinische Arbeiten (mit Kuhn), 14tägig 1 g. — **Peppler**: Grundzüge der allgemeinen Klimatologie, $1^1/_2$. —

Universität Innsbruck. **Lerch**: Physik II, 3, I, 2; Physikalisches Praktikum (mit Tagger), 6; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Steinmaurer), 10; Physikalisches Praktikum für Mediziner (mit Steinmaurer), 2; Physikalisches Demonstrationspraktikum für Lehramtskandidaten, 2. — **March**: Optik, 3; Theorie des Elektrons, 2; Seminarübungen, 2. — **Sonvico**: Wechselstromtechnik, 2 g. — **Tagger**: Theorie und Praxis elektrischer Meßgeräte, 3. — **Steinmaurer**: Mechanik, Molekularphysik, Akustik, 3. — **Wagner**: Einführung in die Geophysik: Erdbebenkunde, Erdmagnetismus und Ozeanographie, 5; Besprechung neuerer Arbeiten, 1; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener, 10. —

Universität Jena. **Kulenkampff**: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre, Atomphysik, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Physiker (mit Wisshak), 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 3; für Mediziner (mit Raether und Wisshak), 2, für Fortgeschrittene (mit Raether), 10; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiter (mit Hettner und Raether); Physikalisches Kolloquium (mit Kühl, Hettner und Goubau), 2. — **Hettner**: Theorie des Lichts, mit Übungen, 4; Theorie der Elektrizität II, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar für Fortgeschrittene, 1; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl. — **Wisshak**: Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Atomphysik, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Raether**: Über selbsterregte Schwingungen in den verschiedenen Gebieten der Physik: Mechanische, akustische, elektrische, 1. — **Goubau**: Hochfrequenztechnik, $2^3/_4$; Technisch-physikalisches Praktikum, 3, Einführung, 1; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl., Technisch-physikalisches Seminar, nach Vereinbarung. — **Kühl**: Wellenoptik II: Metalloptik, Kristalloptik, Dispersion, 4; Praktikum der optischen Untersuchungsmethoden, 4; Mikroskopisches Praktikum, 2; Optisches Kolloquium, 14tägig, 2; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Rzymkowski**: Photographisches Praktikum, 3. — **Sieberg**: Geologische Einführung in die Geophysik, 1; Erdbebenkundliches Praktikum, nach Vereinbarung; Erdbebenkundliches Kolloquium, nach Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen erdbebenkundlichen Arbeiten. — **Müller**: Die Geophysik im Dienste des Krieges, 1; Geophysikalisches Praktikum: Einführung in die Instrumentenkunde der angewandten Geophysik (mit Martin); Allgemeine geophysikalische Untersuchungsmethoden (mit Martin), 2. — **Siedentopf**: Astronomische Instrumente und Beobachtungsverfahren, 2; Interstellare Materie, 1; Physik der Erdatmosphäre, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Bucerius**: Himmelsmechanik, 2.—

Technische Hochschule Karlsruhe. **Bühl**: Experimentalphysik B: Optik, Elektrizitätslehre, 3; Kleines physikalisches Praktikum, 6; Physikalisches Praktikum, 8, Oberstufe (mit Volkmann) halbtägig, für Maschineningenieure und Elektroingenieure, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten,

nach Vereinbarung; Physikalisches Kolloquium (mit Wolf und Volkmann), 14tägig, 1 g. – **Wolf**: Theoretische Physik D: Atomphysik, 3; Quantenstatistik, 2, Übungen, 1 g; Physikalisches Praktikum: Oberstufe, halbtägig; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung; Physikalisches Seminar (mit Volkmann), nach Vereinbarung. – **Volkmann**: Physik der Röntgenstrahlen 2; Technische Optik I, 2; Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalisches Praktikum für Lichttechniker, 3. – **Peppler**: Allgemeine Klimakunde, 2; Das Problem der Wettervorhersage (synoptische Witterungskunde), 2. –

Universität Kiel. **Kopfermann**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, 3, Zusatzvorlesung für Physiker und Naturwissenschaftler, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 4, für Mediziner, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Unsöld und Burkhardt), $1^1/_2$ g. – **Burkhardt**: Einführung in die Methoden der mathematischen Physik, 2, Übungen, 2. – **Martin**: Physikalische Chemie II: Elektrochemie, mit Übungen, 3; Physikalisch-chemisches Seminar, 2 g; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene: Forschungsarbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Anfängerpraktikum, tägl. außer Sonnabend, für Pharmazeuten, Lehramtskandidaten und Mediziner, 5. –

Universität Köln. **Kirchner**: Experimentalphysik: Wärme, Akustik, Optik, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum (mit Hiedemann), 7, für Mediziner, 14tägig, 2, für Fortgeschrittene (mit Försterling und Malsch), 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar, 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Försterling und Malsch), 2 g. – **Neuert**: Technische Hilfsmittel der Kernphysik, 1. – **Försterling**: Quantentheorie, 4; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. – **Malsch**: Technische Optik, einschließlich Elektronenoptik II, 2. – **Malsch**: Technische Optik, einschließlich Elektronenoptik II, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 7; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 1 g. – **Hiedemann**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Akustik, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. –

Universität Leipzig. **Hoffmann**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, für Mediziner, 3; Höhere Physik, 1; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder 9, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, nach Vereinbarung; Seminar über die Arbeiten des Instituts, nach Vereinbarung, g; Physikalisches Kolloquium (mit Heisenberg), $1^1/_2$ g. – **Heisenberg**: Theoretische Physik III: Elektrik, 4, Übungen, 1; Seminar über die Struktur der Materie (mit Hund), 2 g; Selbständige theoretisch-physikalische Arbeiten (mit Hund), nach Vereinbarung. – **Hund**: Fragen der Quantentheorie, 3. – **Schiller**: Hydro- und Aerodynamik II: Theorie der zähen Flüssigkeiten, Anwendungen der Hydro- und Aerodynamik, 2; Strömungs- und wärmetechnisches Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der technischen Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten aus Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung g. – **Karolus**: Elektrotechnik I: Gleichstrom, 2, Übungen, 3; Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Elektrizitätslehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten, nach Vereinbarung g. – **Döpel**: Spektroskopie und ihre Anwendung auf Probleme der Atomphysik und Astrophysik, 2; Kernphysikalisches Praktikum, 3; Praktikum für Fortgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Strahlungsphysik, nach Vereinbarung. – **Möbius**: Höhenstrahlung, 1. – **Kaempf**: Farbenphotographie, 1. – **Weickmann**: Dynamik der Atmosphäre, 2; Allgemeine Meteorologie I, 2 g; Arbeiten im Geophysikalischen Institut und im Observatorium, tägl. g; Geophysikalisches Praktikum, 3; Geophysikalisches Kolloquium, 2 g. –

Universität Marburg. **Grüneisen**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 4, für Zahnmediziner, 3; Physikalisches Kolloquium, 2 g; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Vogt), 6, für Pharmazeuten, 3, für Mediziner (mit Hückel und Vogt), 2, für Fortgeschrittene (mit Vogt), 8; Physikalisches Praktikum für Geübte: Leitung wissenschaftlicher Arbeiten (mit Vogt), tägl. – **Hückel**: Theorie des Lichtes II, 4, Übungen und Ergänzungen, 1; Seminar über Atomphysik, 2 g. –

Universität München. **Gerlach**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, $3^3/_4$, für Mediziner, $2^1/_4$; Physikalische Übungen für Anfänger A, 4, B, 4, C, 4, für Pharmazeuten (mit Kappler), 4; Demonstrationspraktikum für Mediziner, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rüchardt), tägl.; Übungen für Fortgeschrittene (mit Rüchardt), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Rüchardt), $1^1/_2$ g. – **Müller**: Elektrodynamik, 4, Übungen, 2; Optische Probleme, 2; Seminar und Kolloquium für theoretische Physik, 14tägig, nach Vereinbarung. – **Rüchardt**: Höhere Experimentalphysik: Wechselstrom, elektrische Schwingungen und Wellen, mit Versuchen, $1^1/_2$. – **Auer**: Angewandte Physik: Schuß und Explosion, 1. – **Kappler**: Ausgewählte Abschnitte aus der Wärmelehre mit besonderer Berücksichtigung der Schwankungserscheinungen in der Physik, 2. – **Rollwagen**: Übungen zur chemischen Spektralanalyse, 3. – **Schmauss**: Meteorologie I, 4, Ergänzungen, 1; Besprechungen für Fortgeschrittene, 14tägig, $1^1/_2$. – **Dingler**: Die Naturphilosophie des Altertums, 2; Einführung in die Methodenlehre der exakten Wissenschaften, 1; Übungen zur Methodik und Geschichte der exakten Wissenschaften, 1. –

Technische Hochschule München. **Tomaschek**: Experimentalphysik II, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Experimentalphysik, 1; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8, für Fortgeschrittene, halbtägig; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten (mit Deutschbein und Brauer), ganztägig; Physikalisches Seminar, 1 g. – **Meissner**: Technische Physik 1: Anwendungen der Thermodynamik, 3; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiet der technischen Physik, halb- oder ganztägig; Technisch-physikalisches Seminar (mit v. Stengel), 2 g; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Voit), 2 g. – **Deutschbein**: Atombau und Spektralgesetze, 2. – **Frank**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Elektrizität I, 4; Ange-

wandte Physik einschließlich Elektrotechnik, 1, Übungen, 2; Physikalische Übungen für Landwirte, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus Physik, ganztägig. — **Ammann**: Kinematographie I, 1. — **Brauer**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik des festen Körpers, 1. —

Universität Münster. **Senftleben**: Experimentalphysik: Elektrizität, Optik, 5, für Mediziner, 3; Einführung in die Atomphysik, 2; Anwendungen der Physik in der Medizin (mit v. Calker), 1; Physikalisches Praktikum, 3 oder 6 oder tägl., für Mediziner, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Kratzer), 2 *g*. — **Kratzer**: Optik mit Übungen, 6; Zeit, Raum, Materie, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2. — **Siemens**: Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 2. —

Universität Prag. **Gudden**: Physik I: Mechanik, Schwingungslehre, Wärme, 3, V: Ausgewählte Abschnitte aus Elektrizitätslehre, 2; Technische Physik III: Ausgewählte Abschnitte aus der Strömungslehre, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6, 2, 3 und 1, für Fortgeschrittene, 15 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15 *g*. — **Glaser**: Einführung in die theoretische Physik I: Elektrizität und Magnetismus, 4; Elektrodynamik bewegter Körper, 1 *g*; Seminar über theoretische Physik, 2 *g*; Übungen aus theoretischer Physik, 2 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15. — **Schlomka**: Erdmagnetismus, 2; Einführung in die Geophysik, 2; Geophysikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15 *g*. — **Findeisen**: Einführung in die Meteorologie, 2; Flugmeteorologie, 2. —

Technische Hochschule Prag. **Gudden**: Physik I: Mechanik, Schwingungslehre (Akustik), Wärme, 3, V: Ausgewählte Abschnitte der Elektrizitätslehre, 2; Physikalische Übungen, 6, für Fortgeschrittene, 15; Technische Physik III: Ausgewählte Abschnitte der Strömungslehre, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Glaser**: Einführung in die theoretische Physik, I, 4; Elektrodynamik bewegter Körper, 1; Seminar über theoretische Physik, 2; Übungen aus der theoretischen Physik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten der theoretischen Physik, tägl. — **Lichtenecker**: Elektrizitätsdurchgang durch Gase, 14-tägig, 2. — **Möller**: Allgemeine Wärmelehre, 2, Übungen, 1. — **Barth**: Wärmeübertragung, 2. —

Technische Hochschule Stuttgart. **Schmidt**: Grundlagen der Physik II: Elektrizitätslehre und Optik, 3; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Fortgeschrittene (mit Lenz), 3; Seminar für experimentelle Physik (mit Lenz), 2; Physikalisches Kolloquium (mit Dehlinger, Glocker, Lenz und Reiher), 1 *g*. — **Dehlinger**: Theoretische Physik: Elektrodynamik, 4; Theoretikum, 2; Kristallphysik und Kristallchemie der Legierungen, 2; Wissenschaftliche Arbeiten im 2. Physikalischen Institut (mit Kochendörfer). — **Glocker**: Röntgentechnik, 2; Röntgenpraktikum für Anfänger, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im Röntgenlaboratorium. — **Luther**: Ausgewählte Kapitel aus dem Forschungsgebiet der Strahlenbiologie, 1. — **Kramer**: Einführung in die wissenschaftliche Photographie, 1. — **Gösele**: Technisch-physikalische Meßmethoden I (mit Schüle), 2, Übungen, 4; Technisch-physikalisches Sondergebiet: Schall- und Erschütterungstechnik, 2, Übungen, 4; Technisch-physikalisches Seminar (mit Reiher und Schüle), 2. —

Universität Tübingen. **Back**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 3 und 4; Physikalische Übungen für Mediziner, 2, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, 4 oder 8; Wissenschaftliche Untersuchungen, tägl.; Photographische Anfängerübungen, für Naturwissenschaftler, 2 *g*; Praktische Übungen zur Einführung in die Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 2 *g*. —

Universität Wien. **v. Schweidler**: Physik II, für Mediziner, 3; Übungen in Schulversuchen, 6; Physikalisches Praktikum für Mediziner (mit Haschek), 2; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener (mit Seidl und Herzog), tägl. — **Stetter**: Elektromagnetismus und physikalische Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schintlmeister), 6, für Vorgeschrittene (mit Schintlmeister), 10; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Besprechung neuerer Arbeiten, 1. — **Haschek**: Experimentalphysik I, 3; Physikalisches Praktikum, tägl., für Anfänger, 6. — **Ortner**: Atomphysik, 3; Praktikum aus dem Gebiete der Radioaktivität und Kernphysik (mit Karlik), 3; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im Radiuminstitut, tägl. — **Flamm**: Theorie der Elektrizität, 5; Seminar für theoretische Physik, 1; Proseminar für theoretische Physik, 1. — **Kirsch**: Einführung in die Physik II, 4; Physikalische Übungen, 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Sexl**: Einführung in die Quantentheorie I: Theorie der Wärmestrahlung, 2. — **Bauer**: Partielle Differentialgleichungen der Physik, 3; Physikalische Rechenübungen, 1; Quantentheorie und Wellenmechanik des Atoms, 2; Ausgewählte Kapitel der Wehrphysik II, 1. — **Sirk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften (Fortsetzung), 4, Übungen, 2; Elemente der theoretischen Physik, 2. — **Seidl**, Röntgenographische Methoden, 2. — **Karlik**: Elektronenbeugung, 1. — **Schintlmeister**: Verstärkerröhren II, 2. — **Herzog**: Einführung in die funktionentheoretische Behandlung physikalischer Probleme, 2. — **v. Ficker**: Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Meteorologische Übungen, für Fortgeschrittene, 2; Meteorologisches Konversatorium, 2. — **Schedler**: Aerologische Instrumente und Meßmethoden, 1. —

Technische Hochschule Wien. **Mache**: Physik: Wärmelehre, Optik, 2 und 3, Elektrizität und Magnetismus, 3; Wellenoptik (Physikalische Optik), 2; Physikalisches Praktikum II (mit Aigner und Schober), 30. — **Flamm**: Elektrotechnische Lichttheorie, 2; Partielle Differentialgleichungen der Physik (mit Bauer), 3; Physikalische Rechenübungen (mit Bauer), 1; Physikalisches Seminar, Wahlausbildung Fortgeschrittener, 1; Elektromagnetische Lichttheorie, 2. — **Schober**: Physik, 4 und 2; Geometrische Optik; Strahlenoptik, 2; Raumakustik und Beleuchtungstechnik, 1½; Ausgewählte Kapitel aus der optischen Instrumentenkunde (Photographische Optik VI), 2. — **Bauer**: Quantentheorie und Wellenmechanik des Atoms, 2; Ausgewählte Kapitel der

Wehrphysik II, 1. — **Hofbauer:** Kälteerzeugung: Vorrichtungen und physikalische Grundlagen, 2. — **Regler:** Röntgen- und Elektronenoptik, 2. — **Schrott:** Photographische Meß- und Untersuchungsverfahren einschließlich Kinematographie, 2, Übungen, 2; Praktische Photographie, 1, Übungen, 4. —

Universität Würzburg. Harms: Experimentalphysik: Mechanik, Wärmelehre, Akustik, 3, für Fortgeschrittene, 2; Physikalische Übungen, 3 und 6, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, halbtägig; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Ott:** Einführung in die theoretische Physik II, 4, Übungen, 1 g. —

NACHRICHTEN

Die **Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Königsberg** hat die Frist für die im Rahmen der Coppernicusstiftung des Herrn Reichsmarschalls gestellte Preisaufgabe „Der flüssige Zustand" wegen des Krieges bis auf weiteres verlängert. In der Arbeit soll eine kritische und erschöpfende Zusammenstellung des heutigen Wissens über den flüssigen Aggregatzustand gegeben und nach Möglichkeit durch eigene Forschungsergebnisse bzw. theoretische Betrachtungen ergänzt werden. Für die erfolgreiche Behandlung der Aufgabe ist ein Preis von RM. 2000,— ausgesetzt.

Das Institut für theoretische Physik (Prof. Dr. Wilh. Müller) an der Universität München wurde umbenannt und heißt nunmehr „Institut für theoretische Physik und angewandte Mechanik".

Für die Auswertung von Korrosionsversuchen hat die DECHEMA Deutsche Gesellschaft für chemisches Apparatewesen im NS.-Bund Deutscher Technik einen Vordruck herausgebracht. Ziel dieses Vordruckes ist es, die Möglichkeit zu schaffen, für die Auswertung der Versuchsergebnisse ein übereinstimmendes Schema zu erhalten, so daß die leichte Vergleichbarkeit der Ergebnisse wesentlich erhöht wird. Die Vordrucke sind beim Beuth-Vertrieb G.m.b.H., Berlin SW 68, Dresdener Str. 97 erhältlich.

Dozenturen: An der Universität Kiel Dr. Hans Martin für physikalische Chemie, an der Technischen Hochschule Breslau Dr. Karl Seiler für physikalische Chemie, an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. Gerhard Schmid für physikalische Chemie und Elektrochemie, an der Technischen Hochschule München der Oberpostrat Dr. Friedrich Vilbig für Hochfrequenztechnik einschließlich Fernsehtechnik, an der Universität Frankfurt a. M. Dr. Joachim Stauff für physikalische Chemie, an der Universität Freiburg i. Br. Dr. Wolfgang Erbes für chemische Technologie, an der Deutschen Universität Prag Dr. Hans Truttwin für Organisch-chemische Technologie, an der Universität Frankfurt a. M. Dr. Walter Kofink für theoretische Physik.

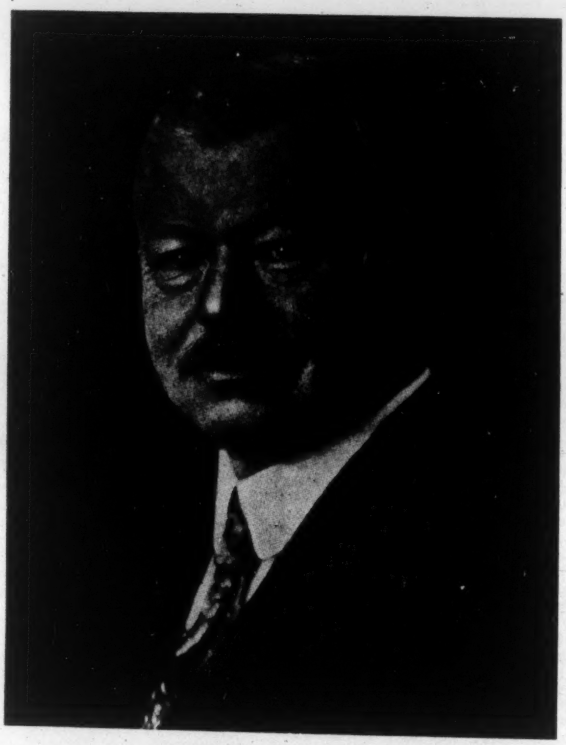
Ernannt: Der a. o. Professor an der Universität Innsbruck Dr. Arthur Wagner zum ordentlichen Professor für Meteorologie ebendaselbst, der Dozent für Chemie an der Technischen Hochschule Breslau Dr. Otto Neunhoeffer zum außerplanmäßigen Professor ebenda, der Abteilungsleiter am Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie in Berlin-Dahlem Prof. Dr. E. Jenckel auftragsweise zum Professor für physikalische Chemie an der Technischen Hochschule Aachen, der a. o. Professor an der Universität Wien Dr. Gerhard Kirsch zum ordentlichen Professor der Physik an derselben Universität, der ordentliche Professor der Experimentalphysik an der Universität Erlangen Dr. Bernhard Gudden in gleicher Eigenschaft an der Deutschen Karls-Universität in Prag, der außerplanmäßige Professor an der Universität Graz Dr. Erich Rumpf zum ordentlichen Professor der Experimentalphysik an derselben Universität, der wissenschaftliche Angestellte der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Dr. E. Freiherr v. Graff zum Regierungsrat, der ordentliche Professor für Materialprüfung, Werkstoffkunde und Elastizitätslehre an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr. Erich Siebel zum Präsidenten des Staatlichen Materialprüfungsamtes in Berlin-Dahlem, der a. o. Professor an der Deutschen Universität Prag Dr. Theodor Schlomka (früher an der Technischen Hochschule Hannover) zum ordentlichen Professor für Geophysik daselbst, der ordentliche Professor der Mathematik an der Deutschen Technischen Hochschule Brünn Dr. Lothar Koschmieder in gleicher Eigenschaft an der Technischen Hochschule Graz, der außerplanmäßige Professor an der Universität Göttingen Dr. Maximilian Schuler zum a. o. Professor für angewandte Mechanik ebenda, Dr. Hermann Schaeffer in Braunschweig zum ordentlichen Professor für technische Mechanik an der Technischen Hochschule Braunsberg, der Dozent für Chemie an der Universität Würzburg Dr. Wilhelm Bockemüller zum außerplanmäßigen Professor ebenda, der Dozent für organische Chemie an der Deutschen Universität Prag Dr. Hans Waldmann zum außerplanmäßigen Professor ebenda, der Dozent für Meteorologie an der Reichsuniversität Graz Dr. Johannes Letzmann zum außerplanmäßigen Professor ebenda, der frühere nichtbeamtete a. o. Professor für Theorie und Technik elektrischer Akkumulatoren an der Technischen Hochschule Hannover Dr. Ernst Baars zum Honorarprofessor daselbst.

Lehrauftrag: Oberschulrat Prof. Dr. Paul Zühlke in Kassel an der Universität Marburg für mathematische Didaktik, an der Technischen Hochschule Stuttgart Dr.-Ing. Erich Scheil für heterogene Gleichgewichte und Dr. Walter Kramer für angewandte Optik, an der Deutschen Karls-Universität in Prag Dozent Dr. Hans Rohrbach in Göttingen die Vertretung einer freien Professur für Mathematik.

In den Ruhestand: Der ordentliche Professor der organischen Chemie an der Hochschule Stockholm Dr. Hans v. Euler-Chelpin.

Gestorben: Der ordentliche Professor der angewandten Elektrizität an der Universität Göttingen Dr. Max Reich, der ordentliche Professor für höhere Mathematik an der Technischen Hochschule Hannover Dr. Georg Prange, der ordentliche Professor der Chemie an der Universität Uppsala Dr. Ludwig Ramberg, der Chemiker und Radiumforscher Bernhard Jost in Duisburg, der ordentliche Professor der Mathematik an der Universität Kiel Dr. Adolf Hammerstein.

Verantwortlicher Schriftleiter: i. V. Dr. Ludwig Bewilogua, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany



J. Zenneck

ZUM SIEBZIGSTEN GEBURTSTAG

am 15. April 1941